



# TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA  
POLITÈCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LLEIDA  
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Alejandro Mesa Ricart

Titulació: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol de Treball Final de Grau: **Auditoria energètica d'una casa rural a la montanya**

Director/a: **Jerôme Barrau**

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2020

## INDEX

INDEX.....	1
INDEX DE FIGURES.....	3
INDEX DE GRAFIQUES.....	4
INDEX DE TAULES .....	4
I.MEMORIA.....	7
M1. OBJECTE .....	7
M2. ABAST .....	8
M3. ANTECEDENTS.....	9
M3.1. SITUACIÓ I ORIENTACIÓ.....	9
M3.2. CLIMATOLOGIA .....	12
M3.3. COMPOSICIÓ I CARACTERISTIQUES DELS TANCAMENTS.....	15
M4. AVALUACIÓ COMPARATIVA DE SIMULACIONS.....	18
M4.1. REPRESENTACIÓ I EVOLUCIÓ DE LES OMBRES .....	18
M4.1.1. OMBREIG I IMPACTE SOLAR AL ESTIU .....	19
M4.1.2. OMBREIG I IMPACTE SOLAR AL HIVERN .....	22
M4.2. ANALISIS DE GUANYS I PERDUES SOLARS.....	25
M4.3. CONCLUSIÓ COMPARATIVA DE LES SIMULACIONS .....	28
M5. AVALUACIÓ DEL ESTAT INICIAL.....	30
M5.1. CONSUM BASE .....	30
M5.1.1. DEMANDA D'ENERGIA .....	30
M5.1.2. PREU RESPECTE AL CONSUM.....	31
M5.2. CONSUM TÈRMIC.....	32
M5.2.1. CALEFACCIÓ .....	32
M5.2.2. CLIMATITZACIÓ .....	33
M5.2.3. PERDUES I GUANYS D'ENERGIA .....	33
M5.3. TANCAMENTS .....	35
M5.3.1. TANCAMENTS EXTERIORS.....	35
M5.3.2. TANCAMENTS TIPUS FINESTRES .....	36
M6. AVALUACIÓ DEL ESTAT DE MILLORA .....	37
M6.1. COMPARATIVA DE DADES AMB LA NORMALITZACIÓ .....	37
M6.2. PROPOSTES DE MILLORA .....	37

M6.2.1. MILLORA A – ACTUACIÓ FINESTRES.....	37
M6.2.2. MILLORA B – ACTUACIÓ PARETS .....	39
M6.2.3. MILLORA C – ACTUACIÓ TEULADA.....	40
M6.2.4. MILLORA D – ACTUACIÓ EN ELEMENTS ELECTRICS D'IL·LUMINACIÓ .....	41
M6.2.5. COMBINACIONS DE LES MILLORES .....	42
M6.3. ELECCIÓ DE MILLORA PER L'ESTAT FINAL DEL HABITATGE .....	43
M7. ANALISIS COMPARATIU ENTRE ELS ESTATS.....	44
M7.1. CONSUM BASE: COMPARATIVA DEMANDA D'ENERGIA I ESTALVI ECONOMIC .....	44
M7.2. CONSUM TÈRMIC.....	45
M7.2.1. COMPARATIVA DE LA CALEFACCIÓ.....	45
M7.2.2. COMPARATIVA DE GUANYS I PERDUES D'ENERGIA .....	46
M8. CONCLUSIÓ .....	48
II. ANNEX .....	49
A1. CARREGUES (LOADS).....	49
A1.1. CARREGUES PER OCUPACIÓ.....	49
A1.2. CARREGUES PER IL·LUMINACIÓ .....	50
A1.2.1. ESTAT INICIAL.....	50
A1.2.2. ESTAT MILLORA.....	53
A1.3. CARREGUES PER EQUIPAMENTS ELECTRICS .....	55
A2. DADES TANCAMENTS ESTAT INICIAL .....	56
A2.1.- TANCAMENTS OPACS .....	56
A2.2.- TANCAMENTS TIPUS FINESTRA.....	56
A3. DADES TANCAMENTS ESTAT DE MILLORA.....	57
A3.1.- TANCAMENTS OPACS .....	57
A3.2.- TANCAMENTS TIPUS FINESTRA.....	58
III.PLANOLS .....	59
P1. PLANTA BAIXA .....	60
P2. PLANTA PRIMERA.....	61
P3. ALÇATS SUD I OEST.....	62
P4. ALÇATS NORD I EST .....	63
IV.BIBLIOGRAFIA.....	64
V. AGRAIMENTS.....	65

## INDEX DE FIGURES

Fig.3. 1.- Situació general espanyola de localitat de Bissaürri .....	9
Fig.3. 2.- Situació de Verí en la comarca de la Ribagorça i altres localitats destacades .....	9
Fig.3. 3.- Instantània de Sant Feliu de Verí.....	10
Fig.3. 4.- Instantània de Verí .....	10
Fig.3. 5.- Topografia de la zona d'actuació.....	10
Fig.3. 6.- Coordenades geogràfiques del habitatge .....	11
Fig.3. 7.- Façana nord del habitatge.....	11
Fig.3. 8.- Façana sud del habitatge.....	11
Fig.3. 9.- Composició paret Bissaürri.....	15
Fig.3. 10.- Composició paviment Bissaürri .....	15
Fig.3. 11.- Composició teulada Bissaürri .....	16
Fig.3. 12.- Composició paviment planta primera .....	16
Fig.3. 13.- Composició sostre planta baixa.....	17

Fig.4. 1.- Simulació A impacte solar i ombres general mati estiu .....	19
Fig.4. 2.- Simulació B impacte solar i ombres general mati estiu .....	19
Fig.4. 3.- Impacte guanys solar en l'interior PB per la simulació A .....	19
Fig.4. 4.- Impacte guanys solar en l'interior PB per la simulació B .....	19
Fig.4. 5.- Visualització d'ombres retranqueig PB (15 de Juliol a les 9h).....	19
Fig.4. 6.- Visualització d'ombres retranqueig PP (15 de Juliol a les 9h) .....	19
Fig.4. 7.- Simulació A impacte solar i ombres migdia estiu .....	20
Fig.4. 8.- Simulació B impacte solar i ombres migdia estiu .....	20
Fig.4. 9.- Impacte guanys solar en l'interior PB per la simulació A (15 de Juliol a les 12h).....	20
Fig.4. 10.- Impacte guanys solar en l'interior PB per la simulació B .....	20
Fig.4. 11.- Impacte guanys solar en l'interior PP per la simulació A .....	20
Fig.4. 12.- Impacte guanys solar en l'interior PP per la simulació B.....	20
Fig.4. 13.- Simulació A impacte solar i ombres tarda estiu .....	21
Fig.4. 14.- Simulació B impacte solar i ombres tarda estiu .....	21
Fig.4. 15.- Impacte guanys solars en l'interior PB per la simulació A (15 de Juliol a les 18h).....	21
Fig.4. 16.- Impacte guanys solars en l'interior PB per la simulació B (15 de Juliol a les 18h) .....	21
Fig.4. 17.- Visualització d'ombres retranqueig PB .....	21
Fig.4. 18.- Visualització d'ombres retranqueig PP.....	21
Fig.4. 19.- Simulació A impacte solar i ombres mati hivern .....	22
Fig.4. 20.- Simulació B impacte solar i ombres mati hivern .....	22
Fig.4. 21.- Impacte guanys solars en l'interior PB per la simulació A.....	22
Fig.4. 22.- Impacte guanys solars en l'interior PB per la simulació B (15 de Desembre a les 9h)....	22
Fig.4. 23.- Impacte guanys solars en l'interior PP per la simulació A.....	22
Fig.4. 24.- Impacte guanys solars en l'interior PP per la simulació B (15 de Desembre a les 9h)....	22
Fig.4. 25.- Visualització d'ombres retranqueig finestres orientació sud (15 de Desembre a les 9h)22	
Fig.4. 26.- Visualització d'ombra retranqueig finestra orientació est (15 de Desembre a les 9h)...	22
Fig.4. 27.- Simulació A impacte solar i ombres migdia hivern .....	23
Fig.4. 28.- Simulació B impacte solar i ombres migdia hivern.....	23
Fig.4. 29.- Impacte guanys solars en l'interior PB per la simulació A.....	23
Fig.4. 30.- Impacte guanys solars en l'interior PB per la simulació B.....	23
Fig.4. 31.- Impacte guanys solars en l'interior PP per la simulació A.....	23
Fig.4. 32.- Impacte guanys solars en l'interior PP per la simulació B (15 de Desembre a les 12h)..	23
Fig.4. 33.- Simulació A impacte solar i ombres tarda hivern.....	24
Fig.4. 34.- Simulació B impacte solar i ombres tarda hivern.....	24
Fig.4. 35.- Impacte guanys solars en l'interior PB per la simulació A.....	24

Fig.4. 36.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació B .....	24
Fig.4. 37.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació A .....	24
Fig.4. 38.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació B .....	24
Fig.4. 39.- Visualització d'ombres retransmissió finestres orientació oest (15 de Desembre a les 17h) .....	24
Fig.4. 40.- Visualització d'ombres retransmissió finestres orientació sud .....	24
Fig.6. 1.- Visualització de la composició de la finestra .....	38
Fig.6. 2.- Boles o perles de EPS en cambra d'aire .....	39
Fig.6. 3.- Exemple de la col·locació de les plaques de llana de roca .....	40

## INDEX DE GRAFIQUES

Graf.3. 1.- Temperatura anual de Verí (Weather Spark) [5] .....	12
Graf.3. 2.- Precipitacions anuals de Verí (Weather Spark) [5] .....	13
Graf.3. 3.- Hores de llum diürna a Verí (Weather Spark) [5] .....	14
Graf.4. 1.- Inclinatoria al llarg de la trajectòria solar .....	18
Graf.4. 2.- Guany d'energia a través de les finestres en la planta baixa .....	25
Graf.4. 3.- Pèrdues d'energia a través de les finestres en la planta baixa .....	26
Graf.4. 4.- Guany d'energia a través de les finestres de la planta primera .....	27
Graf.4. 5.- Pèrdues d'energia a través de les finestres de la planta primera .....	28
Graf.5. 1.- Demanda energètica general expressada en percentatges respecte kWh anuals .....	30
Graf.5. 2.- Demanda energètica desglossada en percentatges respecte kWh anuals .....	31
Graf.5. 3.- Cost elèctric per a cadascuna de les instal·lacions del habitatge en € anuals .....	31
Graf.5. 4.- Evolució de la calefacció al llarg de l'any .....	32
Graf.5. 5.- Evolució de la climatització al llarg de l'any .....	33
Graf.5. 6.- Guany d'energia global del habitatge en percentatge .....	33
Graf.5. 7.- Pèrdues d'energia global del habitatge en percentatge .....	34
Graf.5. 8.- Potència específica (UA) per als tancaments opacs [W/K] .....	35
Graf.5. 9.- Potència específica (UA) per als tancaments tipus finestra [W/K] respecte zona vidriada .....	36
Graf.5. 10.- Potència específica (UA) respecte l'orientació en percentatge .....	36
Graf.7. 1.- Comparativa de la demanda d'energia anual en kWh .....	44
Graf.7. 2.- Comparativa del cost econòmic anual en euros [€] .....	44
Graf.7. 3.- Resum del estalvi energètic i econòmic anual del habitatge .....	45
Graf.7. 4.- Comparativa de l'evolució de la calefacció al llarg de l'any en kWh .....	45
Graf.7. 5.- Comparativa dels guanys d'energia en kWh .....	46
Graf.7. 6.- Comparativa de les pèrdues d'energia en kWh .....	47

## INDEX DE TAULES

Taula 3. 1.- Composició i característiques paret Bissaurri .....	15
Taula 3. 2.- Composició paviment Bissaurri .....	15

Taula 3. 3.- Composició i característiques teulada Bissaürri .....	16
Taula 3. 4.- Composició i característiques paviment planta primera.....	16
Taula 3. 5.- Composició i característiques sostre planta baixa .....	17
Taula 3. 6.- Composició i característiques finestra 4.....	17
Taula 3. 7.- Composició i característiques porta .....	17
Taula 4. 1.- Percentatge comparatiu guanys respecte de la simulació A per la PB .....	25
Taula 4. 2.- Percentatge comparatiu pèrdues respecte de la simulació A per la PB .....	26
Taula 4. 3.- Percentatge comparatiu guanys respecte de la simulació A per la PP .....	27
Taula 4. 4.- Percentatge comparatiu pèrdues respecte de la simulació A per la PP.....	28
Taula 4. 5.- Comparativa necessitat calefacció entre les simulacions .....	29
Taula 5. 1.- Valors de la demanda generalitzada ( <i>Fig.5.1.</i> ) en kWh anuals .....	30
Taula 5. 2.- Valors de demanda energètica desglossats en kWh .....	31
Taula 5. 3.- Valors del cost elèctric segons instal·lació en € anuals .....	32
Taula 5. 4.- Evolució en valors al llarg de l'any en kWh .....	32
Taula 5. 5.- Evolució en valors al llarg de l'any en kWh .....	33
Taula 5. 6.- Valors dels guanys d'energia globals en kWh .....	34
Taula 5. 7.- Valors de les pèrdues d'energia globals en kWh.....	34
Taula 5. 8.-Valors del potencia específica dels tancaments en W/K .....	35
Taula 5. 9.- Valors de la potencia específica de les finestres en W/K respecte zona vidriada.....	36
Taula 6. 1.- Comparació transmissió tèrmica entre estat inicial i normalització (valors orientatius) .....	37
Taula 6. 2.- Composició de la finestra per l'estat de millora.....	38
Taula 6. 3.- Transmissió tèrmica finestra [W/m <sup>2</sup> ·K].....	38
Taula 6. 4.- Comparativa de la demanda energètica respecte de les finestres [kWh/any] .....	38
Taula 6. 5.- Característiques del aïllant de boletes EPS NEOPOR.....	39
Taula 6. 6.- Composició de la paret per l'estat de millora .....	39
Taula 6. 7.- Nova transmissió tèrmica de la paret [W/m <sup>2</sup> ·K] .....	39
Taula 6. 8.- Comparativa de la demanda energètica respecte de la paret [kWh/any] .....	39
Taula 6. 9.- Característiques tèrmiques i de densitat de la llana de roca .....	40
Taula 6. 10.- Composició de la teulada per el estat de millora .....	40
Taula 6. 11.- Nova transmissió tèrmica de la teulada .....	40
Taula 6. 12.- Comparativa de la demanda energètica respecte la teulada en [kWh/any] .....	41
Taula 6. 13.-Comparativa de la demanda energetica respecte la il·luminació en [kWh/any] .....	41
Taula 6. 14.- Millora A+B – Actuació en finestres i paret.....	42
Taula 6. 15.- Millora A+C – Actuació en finestres i teulada .....	42
Taula 6. 16.- Millora A+D – Actuació en finestres i il·luminació.....	42
Taula 6. 17.- Millora A+B+D – Actuació en finestres, paret i il·luminació .....	42
Taula 6. 18.- Millora A+B – Actuació en finestres, teulada i il·luminació.....	43
Taula 6. 19.- Millora B+C+D – Actuació en paret, teulada i il·luminació .....	43
Taula 6. 20.- Millora A+B+C+D - Actuació en finestres, paret, teulada i il·luminació .....	43
Taula 7. 1.- Valors de la evolució de la calefacció al llarg del any en l'estat de millora [kWh] .....	45
Taula 7. 2.- Diferència en kWh entre l'estat inicial i el de millora anualment .....	46
Taula 7. 3.- Diferència de guanys en kWh entre l'estat inicial i de millora .....	46
Taula 7. 4.- Diferència de pèrdues en kWh entre l'estat inicial i de millora .....	47

Taula 8. 1.- Resum de demanda i cost de l'energia en l'estat inicial anualment .....	48
Taula 8. 2.- Resum de demanda i cost de l'energia en l'estat de millora anualment .....	48
Taula A1. 1.- Taula normalitzada de tasses metabòliques segons activitat.....	49
Taula A1. 2.- Càlculs de la taxa metabòlica en W/pers.....	49
Taula A1. 3.- Lux d'il·luminació necessari segons tipus d'espai .....	50
Taula A1. 4.- Taula d'equivalència entre lúmens i bombetes halògenes.....	50
Taula A1. 5.- Determinació dels lumens necessaris per a la PB .....	51
Taula A1. 6.- Càlcul d'il·luminació per la planta baixa del habitatge (EI) .....	51
Taula A1. 7.- Determinació dels lúmens necessaris per a la PP .....	52
Taula A1. 8.- Càlcul d'il·luminació per la planta primera del habitatge (EI).....	52
Taula A1. 9.- Càlcul d'il·luminació per la planta baixa del habitatge (EM).....	53
Taula A1. 10.- Càlcul d'il·luminació per la planta primera del habitatge [EM] .....	54
Taula A1. 12.- Equipaments elèctrics per a PB.....	55
Taula A1. 13.- Equipaments elèctrics per a PP .....	55
Taula A2. 1.- Dades de la transmissió tèrmica en tancaments opacs de l'estat inicial .....	56
Taula A2. 2.- Dades de la transmissió tèrmica i altres de les finestres en l'estat inicial .....	56
Taula A3. 1.- Dades de la transmissió tèrmica en tancaments opacs de l'estat de millora .....	57
Taula A3. 2.- Dades de la transmissió tèrmica i altres de les finestres en l'estat de millora .....	58

## I.MEMORIA

### M1. OBJECTE

Es defineix auditoria energètica com el procés complet d'inspecció, estudi i anàlisi d'un edifici o sistema, per arribar a tenir informació fiable i objectiva sobre el consum i el comportament d'energia i les seves instal·lacions.

Normalment una auditoria energètica es realitza per buscar oportunitats de reduir la quantitat d'energia d'entrada en el sistema sense afectar negativament la sortida. Quan l'objecte d'estudi és un edifici es busca principalment reduir el consum d'energia, però també es té en compte al mateix temps el confort, la salubritat i la seguretat d'aquesta mateixa. Més enllà de la simple identificació del comportament energètic de l'habitatge i de la reducció d'energia, també es busca fer un estalvi d'energia a nivell econòmic.

I per tal d'aplicar totes aquestes premisses a l'edificació, l'objectiu d'una auditoria és fer una proposta de millora en el que es recullen les diferents actuacions que s'han d'aplicar per arribar a reduir el consum i per aconseguir una millora de l'eficiència energètica, valorant-les quantitativament.



## M2. ABAST

En aquest projecte es realitzarà l'auditoria energètica d'una casa que es troba situada en una zona de muntanya. Per tal de realitzar aquest estudi, en primera instància, es durà a terme un breu anàlisi tècnic de la situació, de l'orientació i de la climatologia que afecten a aquest habitatge.

Tot seguit, s'identificaran els diversos materials de la composició de cadascun dels tancaments del perímetre d'aquest habitatge. D'aquesta manera, es busca conèixer les característiques de comportament tèrmic dels diferents materials i els gruixos de cada capa que forma aquests tancaments.

Per altra banda també es necessitarà saber la potència tèrmica a nivell d'ocupació, lluminària i aparells elèctrics, que caracteritzarà cadascuna de les diferents estàncies que conformen l'habitatge.

Existeixen diversos softwares d'anàlisi com poden ser Energy Plus, HULC o CE3x on cadascun d'ells te unes metodologies diferents. En el cas d'aquest projecte s'ha elegit utilitzar Energy Plus degut a que es un dels programes que te mes possibilitats a l'hora de dur a terme l'anàlisi. Aquesta eina d'anàlisi realitza un estudi dinàmic del comportament de l'edifici que facilita la determinació i millora de les demandes tèrmiques, el consum d'energia i el cost respecte a aquesta edificació.

L'estat inicial, s'analitzarà tenint en compte les característiques tèrmiques dels tancament i els diferents elements (persones, il·luminació i equipaments elèctrics) que generen una carrega d'aportació tèrmica. D'aquesta manera s'obtindran les dades de les diferents demandes de l'habitatge.

Aquestes dades seran objecte d'anàlisi per tal d'establir una proposta de millora per l'edificació. La millora s'adherirà als tancaments necessaris segons les dades obtingudes, esdevenint una millora de la demanda tèrmica interior de l'habitatge i per tant una reducció del cost de l'energia.

## M3. ANTECEDENTS

### M3.1. SITUACIÓ I ORIENTACIÓ

L'habitatge es situa en una aldea de muntanya anomenada Verí. Aquesta vila és part de l'entitat menor de la qual encapçala San Feliu de Verí que pertany al municipi principal de Bissaurri. Aquests municipi es troba a la comarca de la Ribagorça, a la província aragonesa d'Osca (Fig.3.1.)(Fig.3.2.).



Fig.3. 1.- Situació general espanyola de localitat de Bissaurri

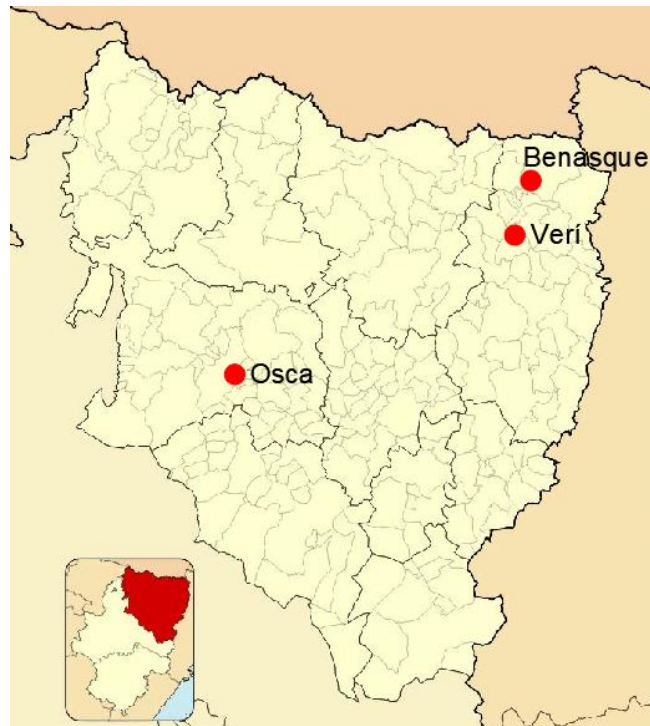


Fig.3. 2.- Situació de Verí en la comarca de la Ribagorça i altres localitats destacades

Verí es troba a escassos tres cents metres de Sant Feliu de Verí cosa que fa que comparteixin molts dels trets de l'entorn. Els indrets en el que es localitzen es caracteritzen per ser zones poblades per diferents tipus d'arbres (freixes, pollancre i pomeres) a més de prats (Fig.3.3.)(Fig.3.4.), que tot junt es situa entre diverses formacions muntanyoses.



Fig.3.3.- Instantània de Sant Feliu de Verí



Fig.3.4.- Instantània de Verí

D'aquesta manera al nord d'aquestes dues aldees, es troba el que es coneix com el massís del Turbón. Tot just al cantó de Verí també es troba un petit turó anomenat el tossal de la Castella, aquest és un mirador que gaudeix de vistes al Pirineu Aragonès.

Tenint en compte aquests trets muntanyosos, es pot fer una lleu descripció gràfica (Fig.3.5.) de la topografia que caracteritza la zona. Aquesta ajuda a veure que la localitat de Verí es troba a una altitud de 1.441 metres amb un punt màxim en el tossal abans esmentat de 1.476 metres. Degut a aquestes altituds, es pot definir l'altitud exacta de l'habitatge que es troba a 1.440 metres sobre el nivell del mar.

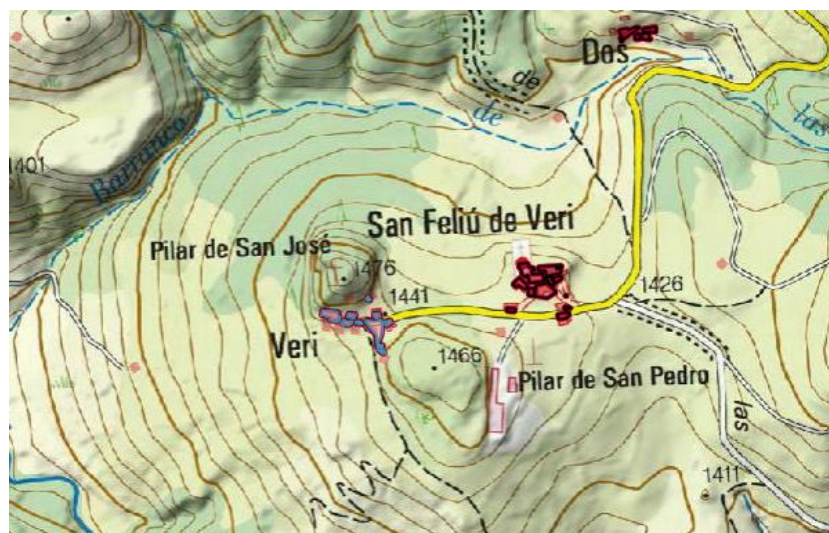


Fig.3.5.- Topografia de la zona d'actuació

Per a concretar la situació exacta del habitatge, per posteriorment dur a terme possibles estudis d'orientació i impacte del sol, es donaran les coordenades geogràfiques. Aquestes es defineixen amb una latitud  $42^{\circ} 46' 84,6''N$  i en una longitud  $0^{\circ} 52' 55,9''E$  (Fig.3.6.).





Fig.3. 6.- Coordenades geogràfiques del habitatge

Respecte a l'orientació, les façanes d'aquest habitatge es troben repartides per a cadascun dels eixos cardinals, això vol dir, que tindrem façana nord, sud, est i oest (*Fig.3.7.*)(*Fig.3.8.*)cadascuna d'elles pures. D'aquesta manera l'impacte solar variarà depenent de l'orientació que s'analitzi.



Fig.3. 7.- Façana nord del habitatge



Fig.3. 8.- Façana sud del habitatge

### M3.2. CLIMATOLOGIA

En general, la climatologia d'aquesta zona es veu afectada tant per l'altitud que la caracteritza, degut a que es defineix com una zona de muntanya. Tenint en compte aquests trets, es descriuran els estius com a confortables mentre que el hiverns vindran acompanyats de llargues temporades de freds amb ambients secs i parcialment nuvolats.

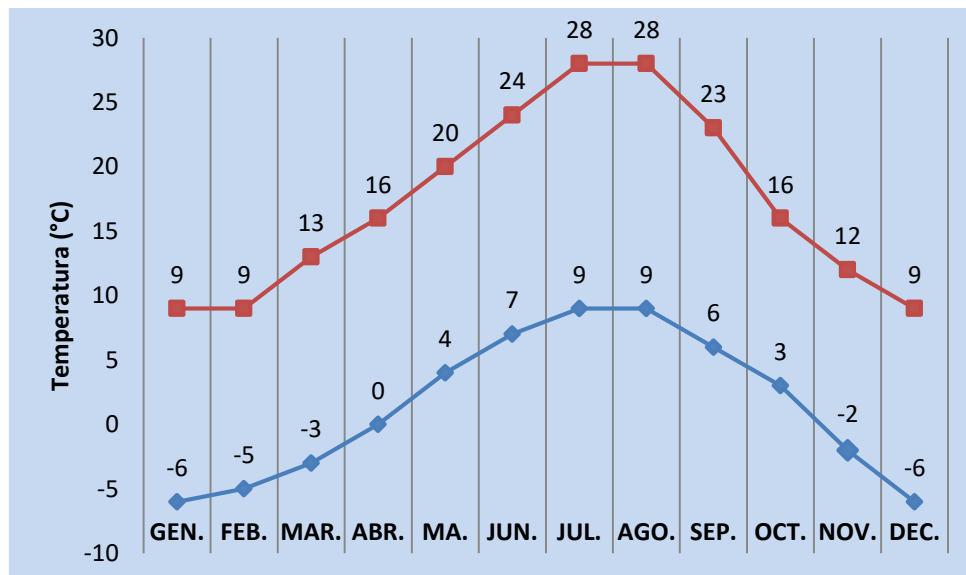
En aquest apartat s'estudia la climatologia d'aquesta zona tenint en compte tres punts importats, com són la temperatura, les precipitacions i la llum diürna.

La temperatura és un dels factors més important en aquest anàlisi, degut a que aquest condiciona en gran part les transferències tèrmiques o energètiques a les que estan sotmesos els tancaments de l'habitatge. Degut a aquesta importància, s'ha recavat informació sobre el comportament de les temperatures de la zona durant tot l'any.

Les dades enregistrades [5] de temperatura mitjana per aquesta zona estan compreses dins l'interval que evoluciona des dels -4°C fins a 21°C. Com bé es mostra en la gràfica (*Graf.3.1.*), les temperatures màximes en aquesta zona rondaran els 28°C, per altra banda, les temperatures mínimes aniran de -6°C fins a casos aïllats de -9°C.

D'aquesta manera, com s'observa en el gràfic (*Graf.3.1.*), la temporada de temperatures càlides o de confort, es desenvoluparà des de principis de Maig, on encara es trobaran nits fredes, fins a finals de Setembre, moment en que les temperatures evolucionaran de manera descendent.

Les temperatures fredes es trobaran des de finals de Setembre, desenvolupant unes davallades importants, fins arribar al Maig moment en que aquestes tindran un creixement continu. D'aquesta manera, durant aquest interval de temps, les temperatures mínimes assoliran els seus valors mes baixos durant les hores fosques del dia tenint el seu zenit a primera hora del mati.

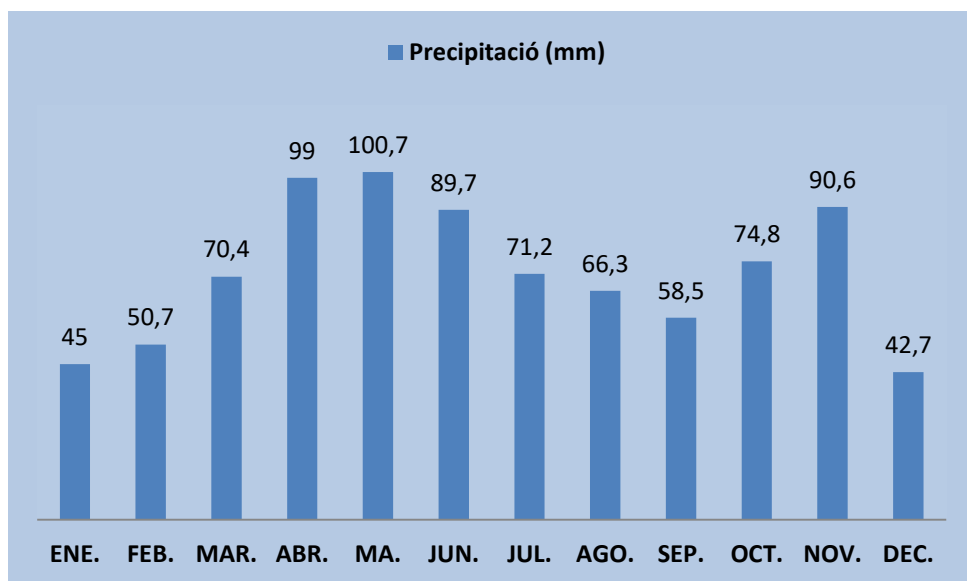


**Graf.3. 1.- Temperatura anual de Verí (Weather Spark) [5]**

D'altra banda les precipitacions varien al llarg de les diferents estacions de l'any. En principi, aquestes s'enregistren en precipitació d'aigua, neu i ambdues combinades.

En general, el tipus més comú de precipitació durant tot l'any és la pluja. Aquesta tindrà els seus majors pics durant l'inici de la primavera, amb 100,7 mm durant el mes de Maig i a la tardor amb 74,8 mm el mes de Octubre (*Graf.3.2.*).

A finals de l'època de tardor, quan es té un comportament decreixent de la temperatura com bé s'ha esmentat amb anterioritat (*Graf.3.1.*), les precipitacions es combinaran, tenint un pic de 90,6 mm durant el Novembre amb precipitacions d'aigua o bé combinades amb neu. Aquestes segones evolucionaran al llarg del mes de Novembre fins arribar a tenir tant sols presència que durarà els mesos més freds de l'any (*Graf.3.1.*), concloent a mitjans de Març.



**Graf.3. 2.- Precipitacions anuals de Verí (Weather Spark) [5]**

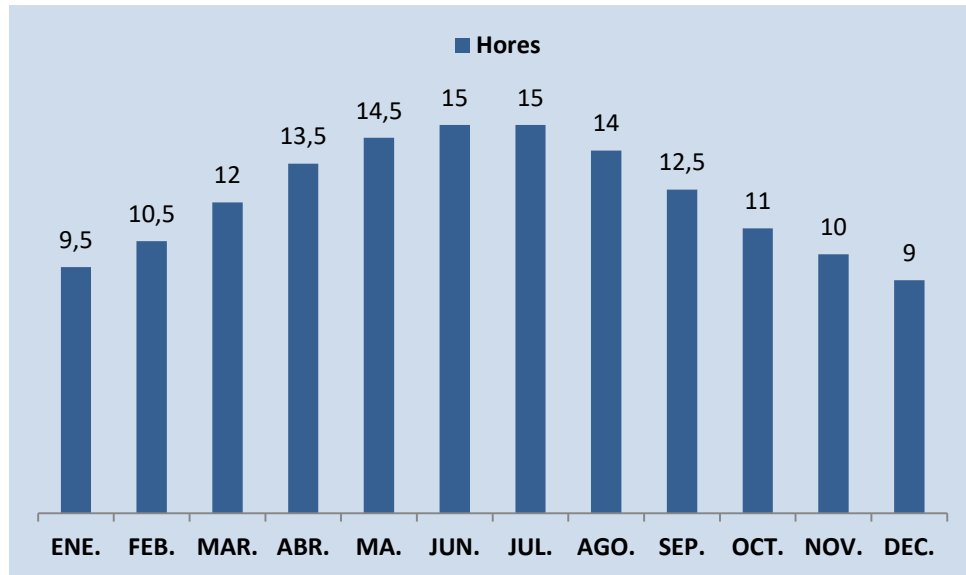
Tenint en compte el caràcter de les precipitacions durant tot l'any, es pot descriure l'activitat de la nuvolositat. Aquesta té una ampla evolució com es pot comprovar respecte a les precipitacions i es troba present durant gran part de l'any. L'època amb menys nuvolositat es troba des de principis de Juny fins a mitjans de Setembre, moment en que comença a créixer la quantitat de precipitacions (*Graf.3.2.*).

La llum diürna és un paràmetre important respecte a l'habitatge. Això és degut a que la façana que es troba a la cara sud, té una gran quantitat de superfície de finestra. Aquesta qualitat de l'edificació es relaciona amb la llum diürna degut als guanys solar, que es generen a través de les finestres. Aquets guanys poden ser d'interès durant els mesos més freds i es voldran rebutjar durant l'època càlida de l'any.

Comparant el gràfic de temperatures (*Graf.3.1.*) amb el gràfic de llum diürna (*Graf.3.3.*), es pot comprovar que les temperatures fredes van relacionades amb les baixes hores de llum i de manera inversa.

Degut a aquesta relació, es comprova amb gràfic (*Graf.3.3.*), que des de principis de Març fins a finals de Setembre es troben els mesos amb més hores de llum diürna, que es relacionen directament amb els mesos de temperatures càlides (*Graf.3.1.*). Així es troba que, durant els mesos de Juny i Juliol, on hi ha un pic de 15 hores de llum diàries (*Graf.3.3.*), es quan es troben algunes de les temperatures més altes de l'any.

Per altra banda, els mesos amb menys llum diürna es relacionen amb aquells on les temperatures son més fredes. Aquest interval evoluciona des de l'Octubre fins al Febrer, tenint com a pics de 9 i 9,5 hores de llum diària (*Graf.3.3.*) al mes de Desembre i Gener respectivament, en els quals es troben els punts de menor temperatura (*Graf.3.1.*).

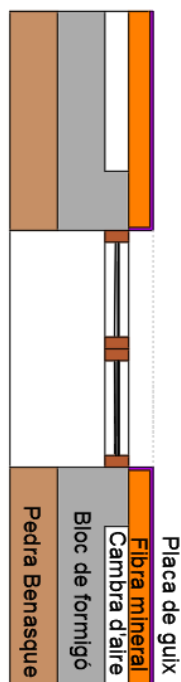


Graf.3. 3.- Hores de llum diürna a Verí (Weather Spark) [5]

### M3.3. COMPOSICIÓ I CARACTERÍSTIQUES DELS TANCAMENTS

Per tal de tenir una descripció genèrica de la composició i les característiques tèrmiques dels materials de cadascun dels tancaments es du a terme un recull de taules en les quals es descriuen la composició dels tancaments, amb els seus materials i característiques tèrmiques:

- PARET BISSAÛRRI**



Material	$\lambda$ (W/m·K)	U (W/m²·K)	Gruix (mm)
Pedra Benasque	1,4	-	200
Bloc de formigó	0,73	-	200
Cambra d'aire	-	0,16	100
Fibra mineral	0,05	-	90
Placa de guix	0,16	-	10
<b>Total</b>			600

Taula 3. 1.- Composició i característiques paret Bissaürri

Fig.3. 9.- Composició paret Bissaürri

- PAVIMENT BISSAÛRRI**

Material	$\lambda$ (W/m·K)	U (W/m²·K)	Gruix (mm)
Rajola	1,59	-	13
Formigó paviment	0,53	-	210
Aïllament paviment	0,029	-	100
Formigó pobre	1,45	-	25
<b>Total</b>			348

Taula 3. 2.- Composició paviment Bissaürri



Fig.3. 10.- Composició paviment Bissaürri



- **TEULADA BISSAÜRRÍ**

Material	$\lambda$ (W/m·K)	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	Gruix (mm)
Pissarra	1,59	-	10
Formigó pobre	1,45	-	25
Maó	0,675	-	102
Aïllament teulada	0,029	-	100
Formigó teulada	0,53	-	210
Enlluït de guix	0,16	-	13
Aïllament teulada	0,029	-	20
Fusta	0,29	-	20
<b>Total</b>			<b>500</b>

Taula 3. 3.- Composició i característiques teulada Bissaürri

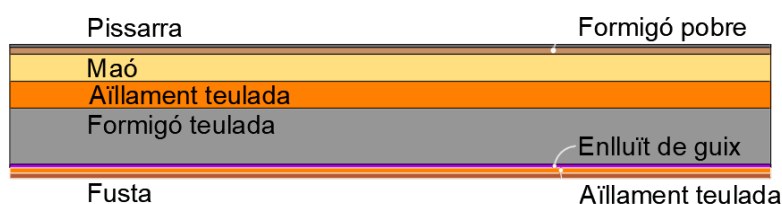


Fig.3. 11.- Composició teulada Bissaürri

- **PAVIMENT PLANTA PRIMERA**

Material	$\lambda$ (W/m·K)	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	Gruix (mm)
Rajola	1,59	-	13
Formigó paviment	0,53	-	105
<b>Total</b>			<b>118</b>

Taula 3. 4.- Composició i característiques paviment planta primera



Fig.3. 12.- Composició paviment planta primera

- SOSTRE PLANTA BAIXA**

Material	$\lambda$ (W/m·K)	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	Gruix (mm)
Formigó paviment	0,53		105
Cambra d'aire	-	0,08	50
Placa de guix	0,16	-	10
<b>Total</b>			165

Taula 3. 5.- Composició i característiques sostre planta baixa



Fig.3. 13.- Composició sostre planta baixa

- FINESTRA 4/6/4**

Material	S	$\lambda$ (W/m·K)	Gruix (mm)
Vidre simple 4 mm	0,837	0,9	4
Cambra aire 6 mm	-	-	6
Vidre simple 4 mm	0,837	0,9	4
<b>Total</b>			8

Taula 3. 6.- Composició i característiques finestra 4

- PORTA**

Material	$\lambda$ (W/m·K)	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	Gruix (mm)
Fusta	0,29	-	60

Taula 3. 7.- Composició i característiques porta

## M4. AVALUACIÓ COMPARATIVA DE SIMULACIONS

Les finestres de l'habitatge presenten una solució constructiva en la que s'observa un cert retranqueig cap a l'interior (400 mm), de manera que aquestes no es trobaven a nivell de façana. Per comprovar quin és l'efecte que té sobre les finestres, es du a terme la realització de dues simulacions, amb i sense el retranqueig.

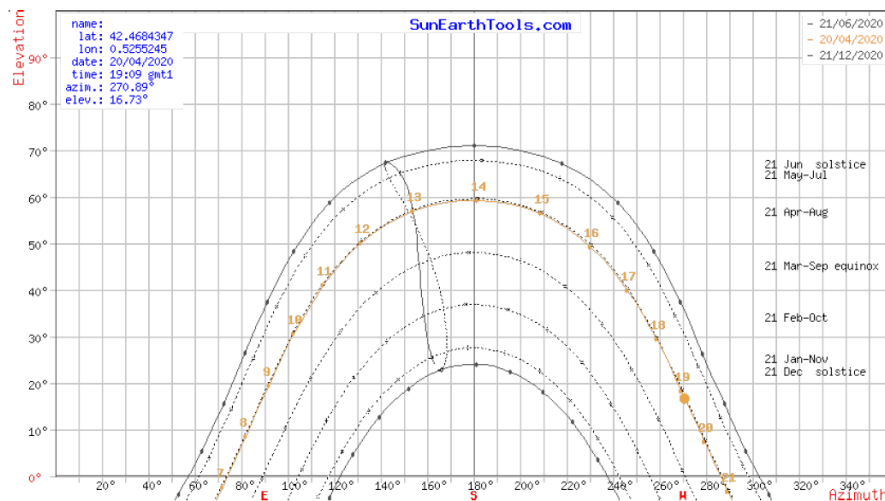
En aquestes dues simulacions el que es busca és fer una comparativa dels guanys i les pèrdues d'energia a les finestres (M4.2.), per a determinar l'impacte del retranqueig (M4.1.) en el comportament tèrmic de l'edifici.

### M4.1. REPRESENTACIÓ I EVOLUCIÓ DE LES OMBRES

En primer lloc es realitza un estudi visual de les ombres i l'impacte solar en les finestres de l'habitatge. Per a que aquest sigui un estudi òptim, es realitza en dues estacions extremes per a poder comprendre com afecta el guany solar depenent de la seva inclinació (Graf.4.1.). Per aquest motiu s'avaluarà a l'estiu (Juliol) i a l'hivern (Desembre).

Per altra banda, des d'aquest moment es fa referència a simulació A aquella on les finestres es troben a nivell de façana i per altra part la simulació B referència a la que té el retranqueig.

En general, en cap moment del dia hi ha un impacte solar o bé guanys energètics a les finestres que es situen en la façana orienta a nord. D'aquesta manera aquest impacte de guanys solars es centra en gran part en la façana sud. Tot seguit s'avalua aquests tenint en compte tres punts del dia com són el matí, el migdia i la tarda.



Graf.4. 1.- Inclinació al llarg de la trajectòria solar

#### M4.1.1. OMBREIG I IMPACTE SOLAR AL ESTIU

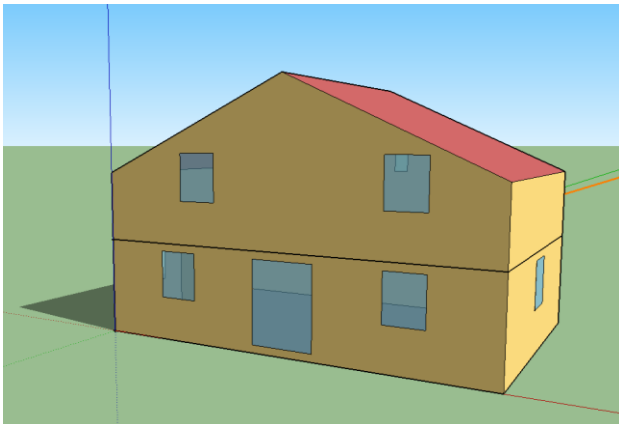


Fig.4. 1.- Simulació A impacte solar i ombres general mati estiu (15 de Juliol a les 9h)

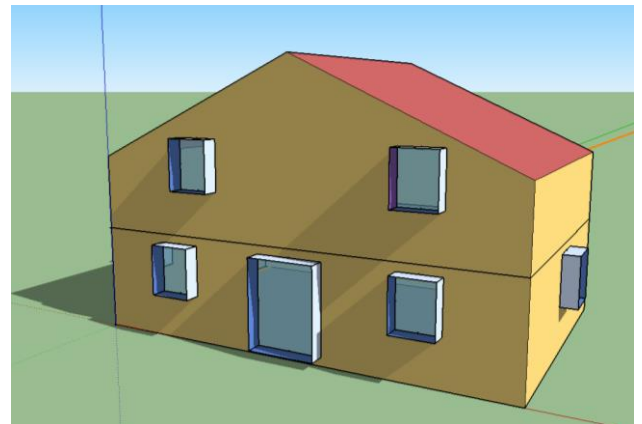


Fig.4. 2.- Simulació B impacte solar i ombres general mati estiu (15 de Juliol a les 9h)

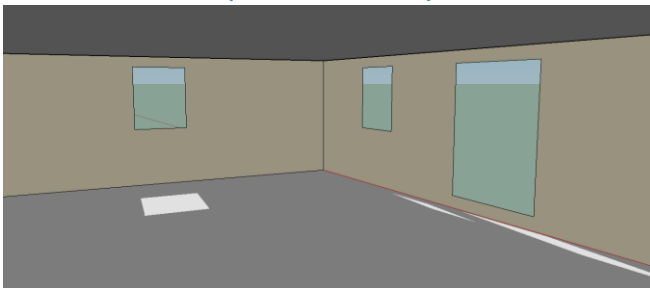


Fig.4. 3.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació A (15 de Juliol a les 9h)

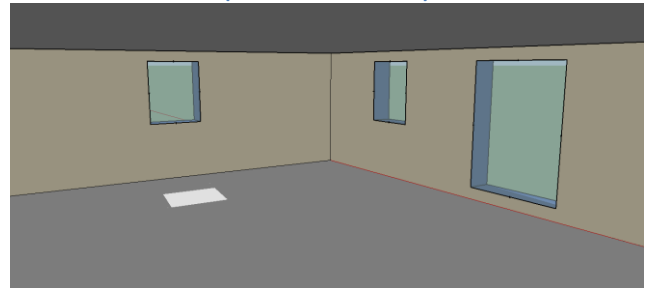


Fig.4. 4.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació B (15 de Juliol a les 9h)

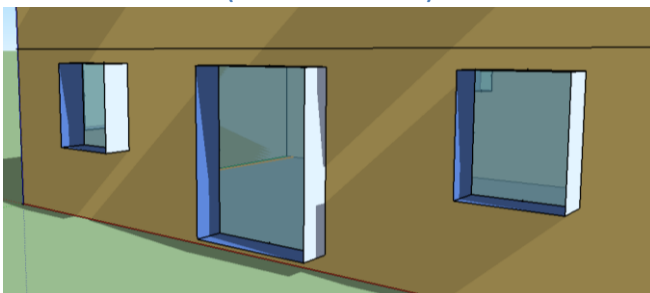


Fig.4. 5.- Visualització d'ombres retranqueig PB (15 de Juliol a les 9h)

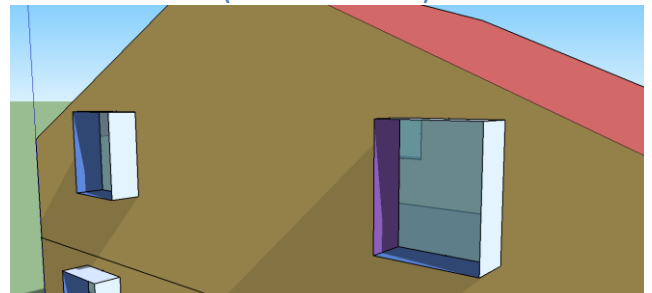


Fig.4. 6.- Visualització d'ombres retranqueig PP (15 de Juliol a les 9h)

L'impacte dels guany solar en un mati d'estiu (**9:00h del dia 15 de Juliol**) es troben majoritàriament per la finestra orientada en la façana est en ambdues simulacions. Tot i això, s'observa com en la simulació A (Fig.4.1.) també es troba un lleu guany a través de les finestres localitzades en la façana sud (Fig.4.3.), això es reproduirà tant per la planta baixa com per la primera.

Respecte a la simulació B (Fig.4.2.), s'observa com en la façana sud el retranqueig (Fig.4.5.)(Fig.4.6.) de les finestres genera les respectives ombres per a cadascuna d'elles. De manera que es pot visualitzar com s'evita l'impacte a través de les finestres localitzades al sud (Fig.4.4.), però no la que es troba a l'est tot i tenir un impacte més lleu.

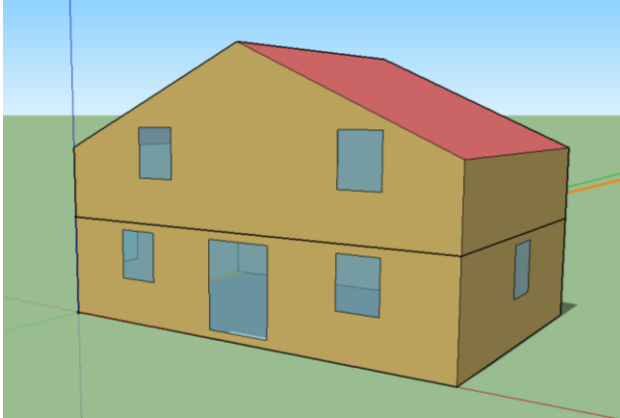


Fig.4. 7.- Simulació A impacte solar i ombres migdia estiu  
(15 de juliol a les 12h)

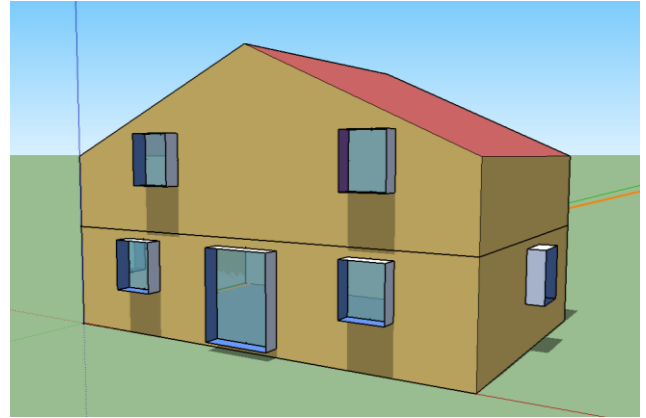


Fig.4. 8.- Simulació B impacte solar i ombres migdia estiu  
(15 de juliol a les 12h)

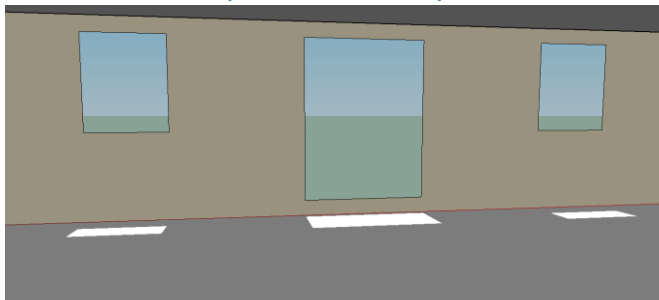


Fig.4. 9.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació A  
(15 de juliol a les 12h)

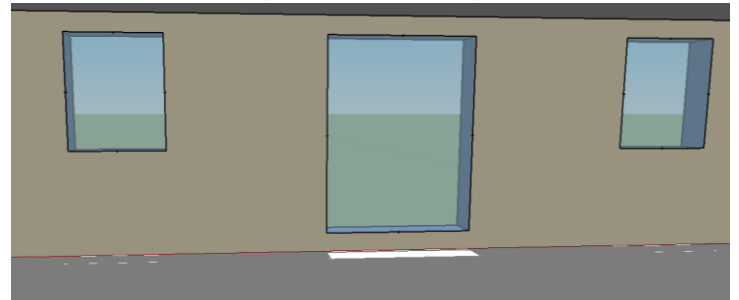


Fig.4. 10.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació B  
(15 de juliol a les 12h)

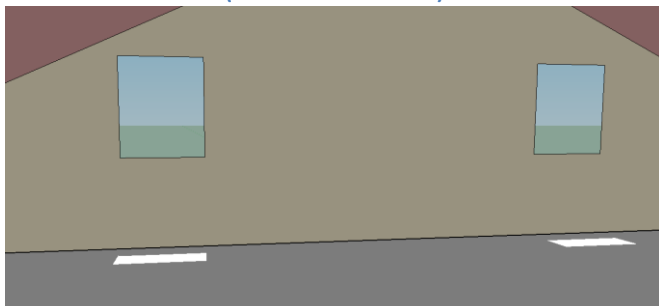


Fig.4. 11.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació A  
(15 de juliol a les 12h)



Fig.4. 12.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació B  
(15 de juliol a les 12h)

L'impacte dels guany solar en un migdia d'estiu (**12:00h del dia 15 de juliol**) es caracteritza per la alçada solar la qual genera un escenari diferent entre ambdues simulacions. Aquest és degut a que, en aquesta hora del dia, l'impacte solar es troba de forma perpendicular (*Fig.4.8.*) a l'habitatge i per tant a les finestres del mateix.

Pel que respecta a la planta baixa, en la simulació A (*Fig.4.9.*) es troben guany solar per a totes les finestres orientades en la façana sud. En la simulació B (*Fig.4.10.*) però, s'observa que els guany de les finestres són gairebé nuls i aquests es veuran força minvats per la porta-finestra. Això és degut a l'impacte de l'ombra que projecta el retranqueig i que evita una gran part dels guany solar.

De manera annexa es genera el mateix comportament pel que fa a les finestres situades en la planta primera (*Fig.4.11.*) (*Fig.4.12.*) de l'habitatge.

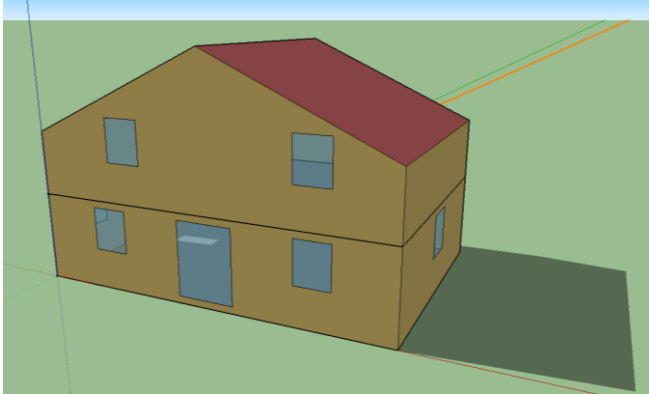


Fig.4. 13.- Simulació A impacte solar i ombres tarda estiu (15 de Juliol a les 18h)

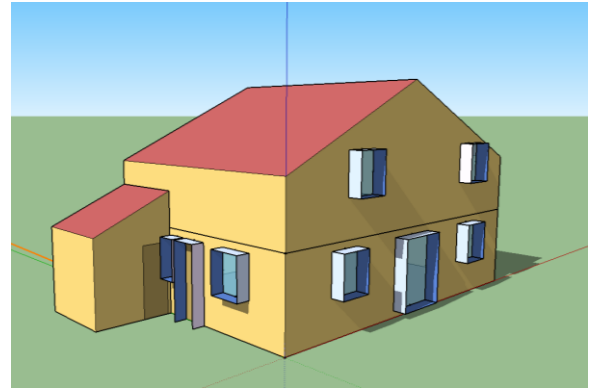


Fig.4. 14.- Simulació B impacte solar i ombres tarda estiu (15 de Juliol a les 18h)

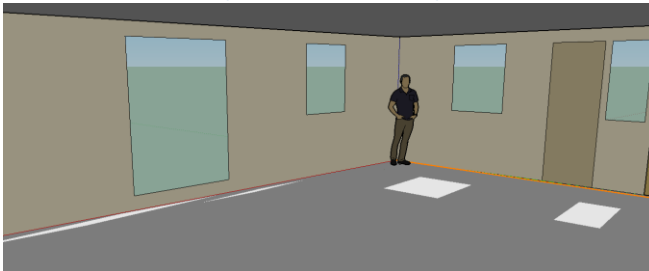


Fig.4. 15.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació A (15 de Juliol a les 18h)

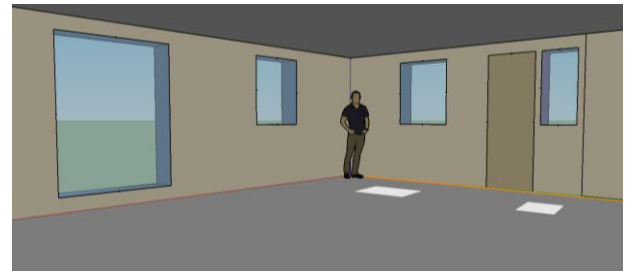


Fig.4. 16.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació B (15 de Juliol a les 18h)

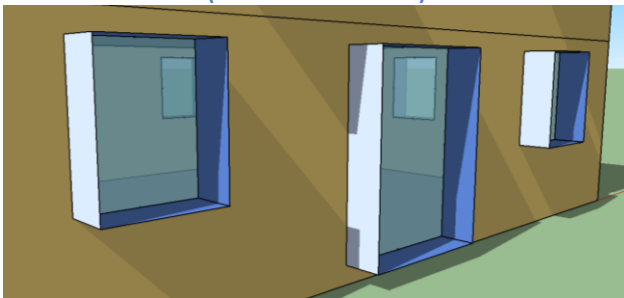


Fig.4. 17.- Visualització d'ombres retranqueig PB (15 de Juliol a les 18h)

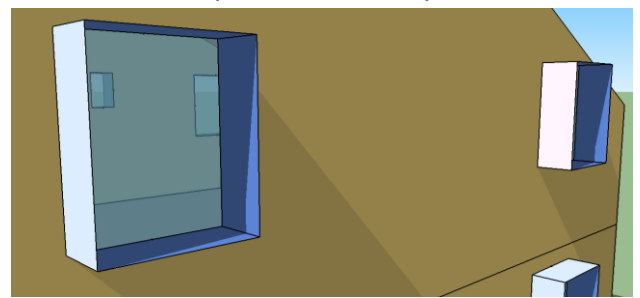


Fig.4. 18.- Visualització d'ombres retranqueig PP (15 de Juliol a les 18h)

L'impacte dels guany solar en una tarda d'estiu (**18:00h del dia 15 de Juliol**) es localitzen en gran part a les finestres orientades en la façana oest (Fig.4.15.) (Fig.4.16.).

Per altra banda, es pot observar com el retranqueig (Fig.4.17.) (Fig.4.18.) té el mateix comportament com ha succeït al matí (Fig.4.3.) (Fig.4.4.), d'aquesta manera per la simulació A (Fig.4.15.) es té un impacte solar lleu per les finestres orientades al sud. En canvi, la simulació B (Fig.4.16.) no té aquests guany degut a l'ombra generada pel retranqueig (Fig.4.18.), a més es visualitza que l'impacte solar obtingut per les finestres de la façana oest és un tant menor.

De manera annexa es reproduirà el mateix comportament respecte a les finestres orientades en la façana sud per a la planta primera.

En general, les simulacions semblen indicar que l'època estival està marcada per les ombres generades per l'impacte del retranqueig, que es fa visible per ambdues plantes. Especialment es veu reflectit en la façana sud, tenint així un efecte més gran en la planta baixa degut a la porta-finestra, validant així les dades obtingudes en l'estudi de guany i pèrdues d'energia (4.2.).

#### M4.1.2. OMBREIG I IMPACTE SOLAR AL HIVERN

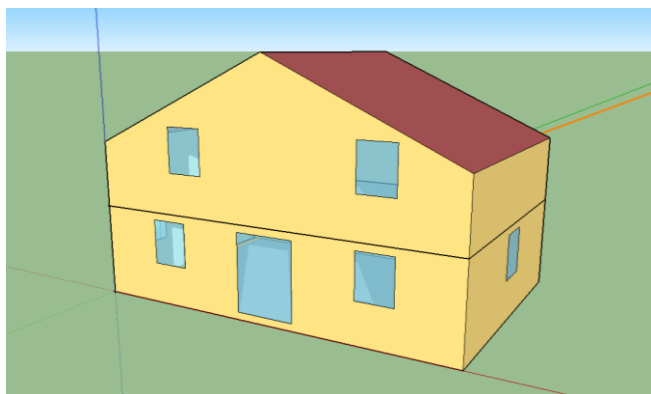


Fig.4. 19.- Simulació A impacte solar i ombres mati hivern (15 de Desembre a les 9h)

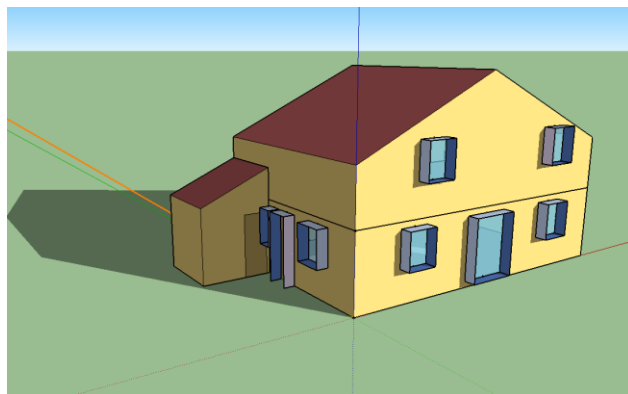


Fig.4. 20.- Simulació B impacte solar i ombres mati hivern (15 de Desembre a les 9h)

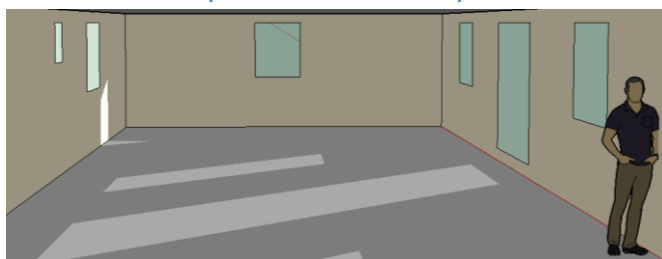


Fig.4. 21.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació A (15 de Desembre a les 9h)

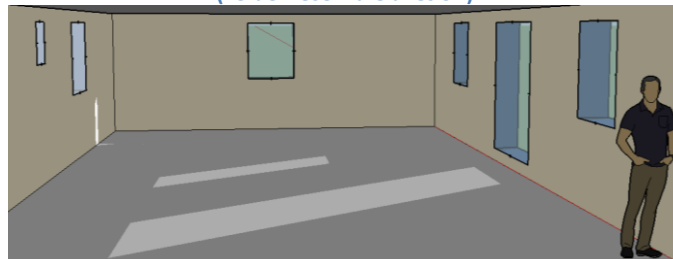


Fig.4. 22.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació B (15 de Desembre a les 9h)

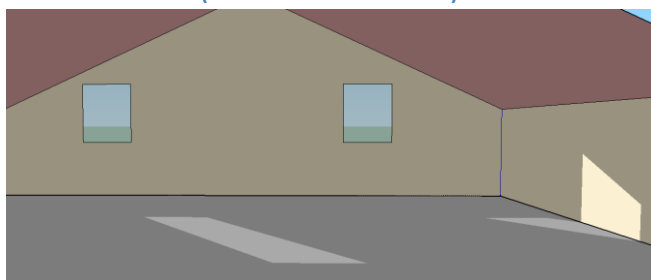


Fig.4. 23.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació A (15 de Desembre a les 9h)

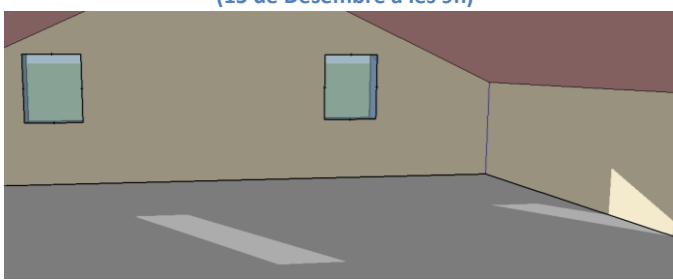


Fig.4. 24.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació B (15 de Desembre a les 9h)

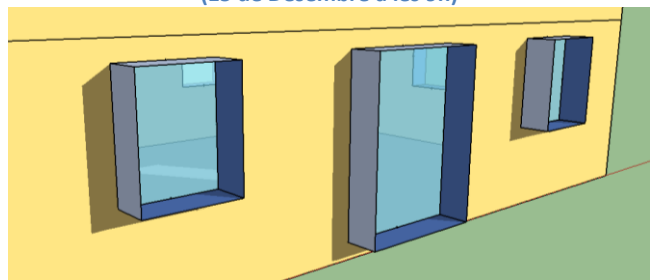


Fig.4. 25.- Visualització d'ombres retranqueig finestres orientació sud (15 de Desembre a les 9h)

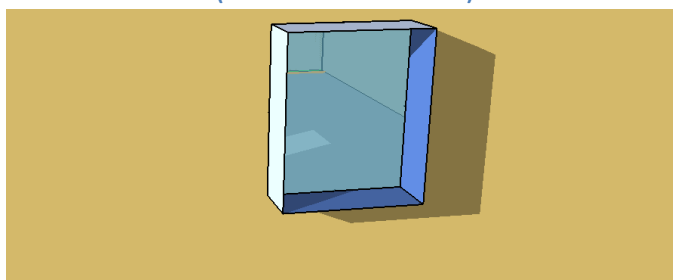


Fig.4. 26.- Visualització d'ombra retranqueig finestra orientació est (15 de Desembre a les 9h)

L'impacte dels guany solar en un mati d'hivern (**9:00h del dia 15 de Desembre**) es reparteixen entre les finestres orientades en la façana sud i l'orientada respecte a l'est. Es pot comprovar que degut a una menor inclinació del sol, l'impacte durant els mesos d'hivern en l'interior són incrementats (Fig.4.21.) (Fig.4.23.) respecte als de l'estiu.

En la simulació B, el retranqueig genera ombra (Fig.4.25.) (Fig.4.26.) tant per les finestres del sud com en la de l'est. Es visualitza que l'efecte d'aquestes ombres genera un minvament de l'impacte solar en ambdues plantes (Fig.4.22.) (Fig.4.24.).

De manera que es pot comprovar que en la planta baixa, la finestra orientada a l'est és on més efecte té l'ombra generada pel retranqueig de la finestra (Fig. 4.21.) (Fig.4.22.).

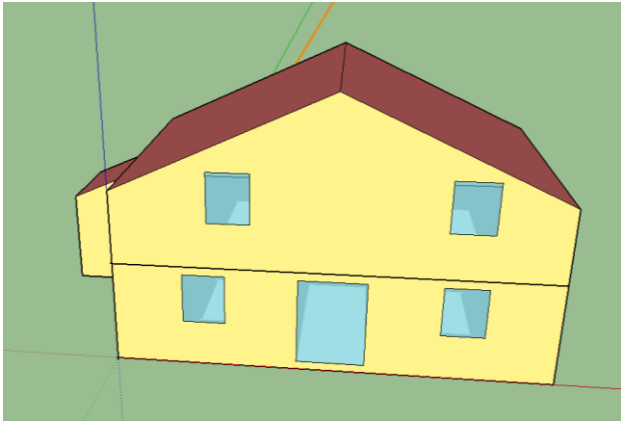


Fig.4. 27.- Simulació A impacte solar i ombres migdia hivern (15 de Desembre a les 12h)

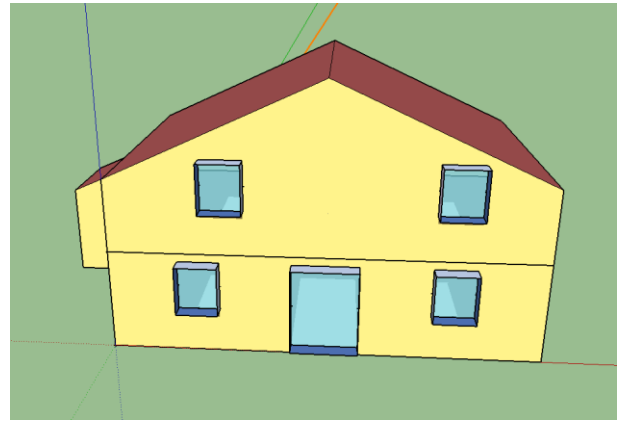


Fig.4. 28.- Simulació B impacte solar i ombres migdia hivern (15 de Desembre a les 12h)

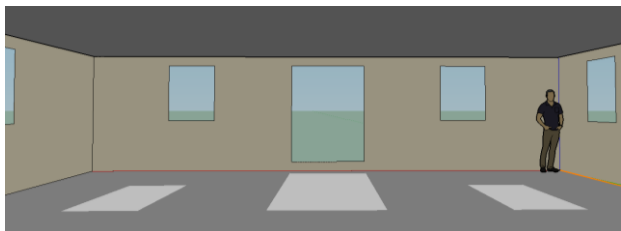


Fig.4. 29.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació A (15 de Desembre a les 12h)

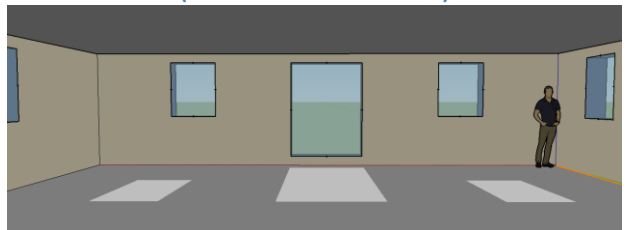


Fig.4. 30.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació B (15 de Desembre a les 12h)



Fig.4. 31.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació A (15 de Desembre a les 12h)

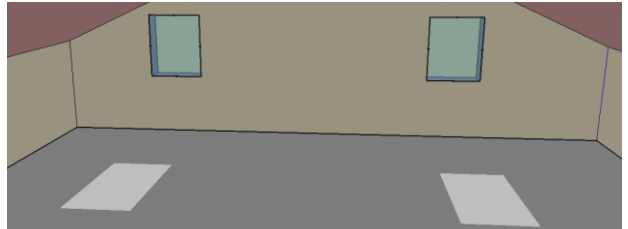


Fig.4. 32.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació B (15 de Desembre a les 12h)

L'impacte dels guany solar en un migdia d'hivern (**12:00h del dia 15 de Desembre**) és pràcticament de la mateixa magnitud per ambdues simulacions.

Com es visualitza en l'impacte solar que es genera per les finestres orientades a sud en ambdues plantes. S'observa que aquets guany en l'interior tant per la simulació A (Fig.4.29.) (Fig.4.31.) com per la B (Fig.4.30.) (Fig.4.32.) són pràcticament iguals, producte de la menor inclinació del sol durant els mesos d'hivern.



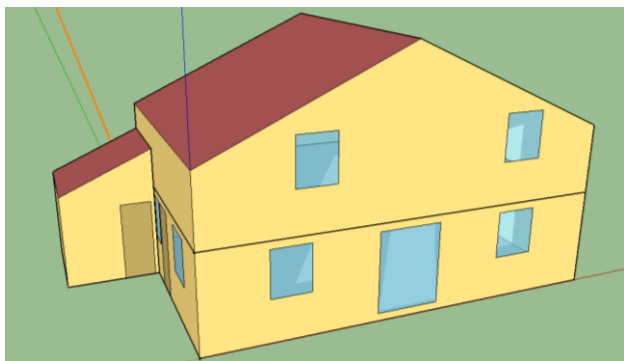


Fig.4. 33.- Simulació A impacte solar i ombres tarda hivern (15 de Desembre a les 17h)

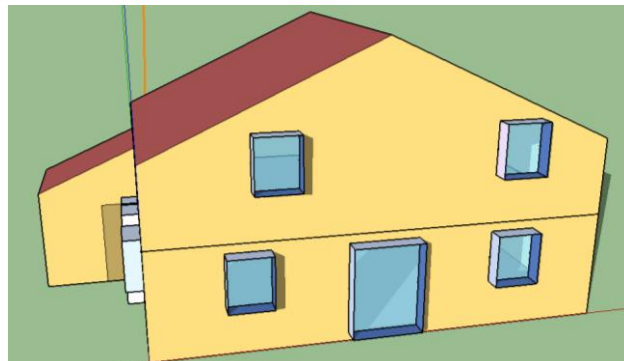


Fig.4. 34.- Simulació B impacte solar i ombres tarda hivern (15 de Desembre a les 17h)

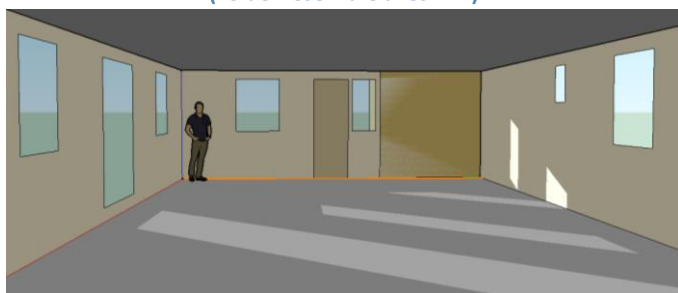


Fig.4. 35.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació A (15 de Desembre a les 17h)

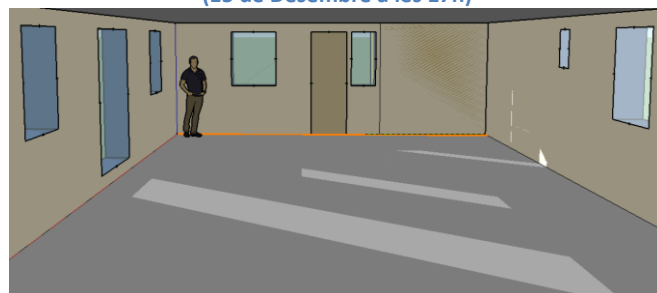


Fig.4. 36.- Impacte guany solar en l'interior PB per la simulació B (15 de Desembre a les 17h)

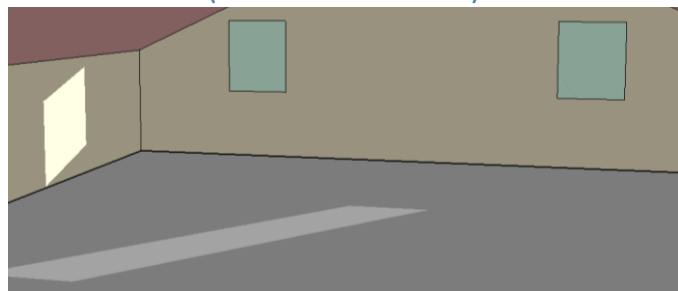


Fig.4. 37.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació A (15 de Desembre a les 17h)

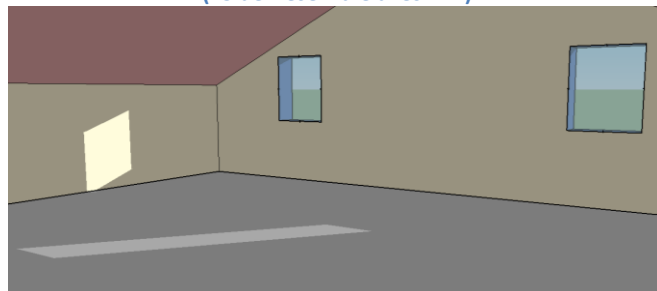


Fig.4. 38.- Impacte guany solar en l'interior PP per la simulació B (15 de Desembre a les 17h)



Fig.4. 39.- Visualització d'ombres retranqueig finestres orientació oest (15 de Desembre a les 17h)

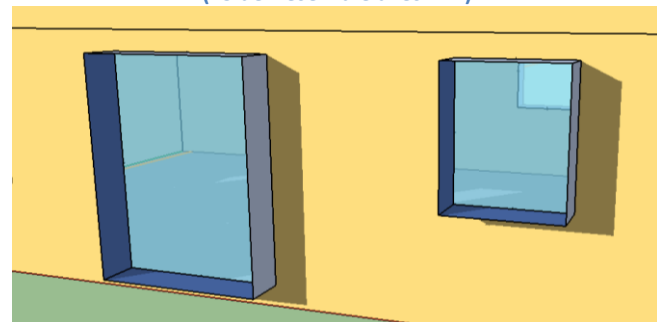


Fig.4. 40.- Visualització d'ombres retranqueig finestres orientació sud (15 de Desembre a les 17h)

L'impacte dels guany solar en una tarda d'hivern (**17:00h del dia 15 de Desembre**) es caracteritza per tenir un impacte en les finestres orientades a sud i oest (Fig.4.35.) (Fig.4.37.).

Els guany per ambdues simulacions són bastant similars. Tot i això, s'han de tenir en compte les ombres generades pel retranqueig en les dues orientacions (Fig.4.39.) (Fig.4.40.). De manera que es pot observar sobretot per les finestres orientades a l'oest, com l'impacte solar dins de l'habitatge és menor degut a l'ombra que projecta (Fig.4.36.).

De manera annexa es pot comprovar com en les finestres del sud es genera el mateix efecte però a menor escala (Fig.4.36.) (Fig.4.38.).

En general les simulacions semblen indicar que l'època d'hivern està marcada per un menor efecte del retranqueig en les finestres. Aquest es degut a la inclinació del sol durant aquets mesos més freds. De manera que sembla validar el comportament de les dades obtingudes en l'estudi de guanys i pèrdues d'energia (M4.2.).

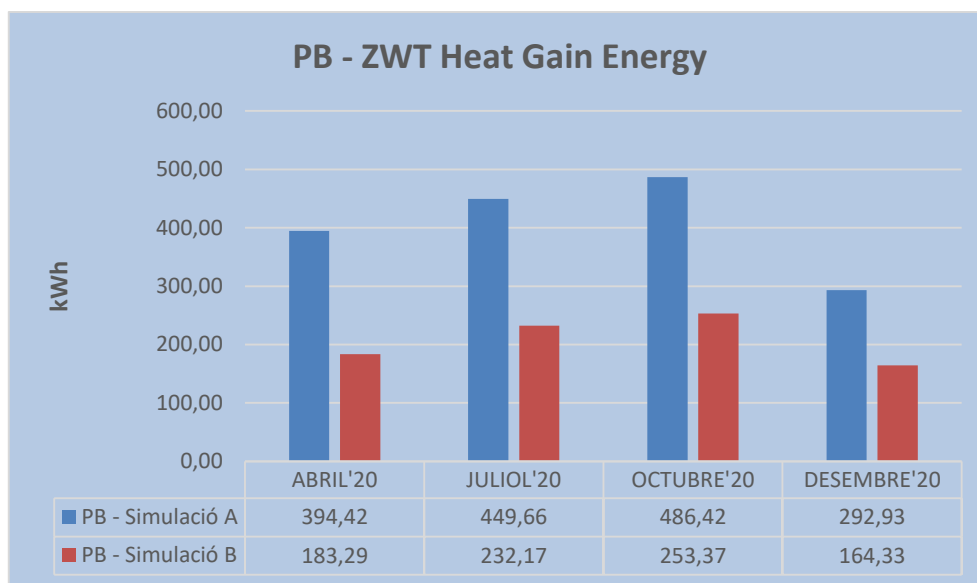
#### M4.2. ANALISIS DE GUANYS I PERDUES SOLARS

Un cop realitzat l'escaneig visual de com actua el retranqueig en vers a les ombres i l'impacte solar, s'estudia quantitativament les dades de guanys i pèrdues d'energia a través de les finestres de l'habitatge. Aquest anàlisi s'efectua amb el programa Energy Plus, on s'insereixen les variables d'energia respecte de les finestres, tant pels guanys com per les pèrdues. De manera que les variables que s'analitzaran són:

- **Zone Windows Total Heat Gain Energy [J]**
- **Zone Windows Total Heat Loss Energy [J]**

Avaluades aquestes variables s'obté un llistat de dades al llarg de l'any, en les quals es troben els guanys i les pèrdues solars hora a hora. Per tal de tenir un estudi de les dades, s'estudia 4 mesos representatius tenint en compte les diferents estacions climàtiques al llarg de l'any.

Seguidament s'exposa en gràfiques els guanys i les pèrdues d'energia individualment, comparant aquets per ambdues simulacions planta a planta de l'habitatge.



Graf.4. 2.- Guanys d'energia a través de les finestres en la planta baixa

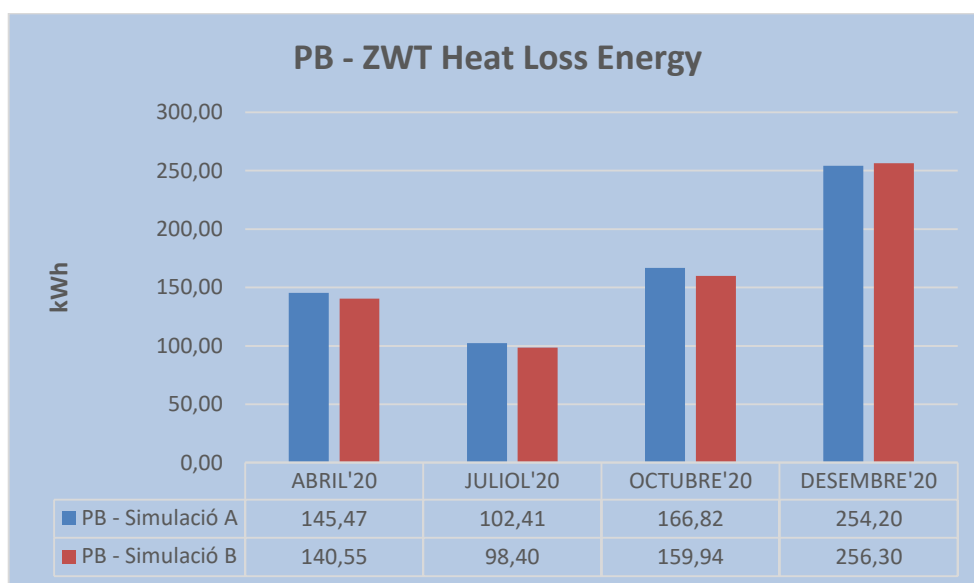
	ABRIL '20	JULIOL '20	OCTUBRE '20	DESEMBRE '20
Percentatge resp. la simulació A	53,53 %	48,37 %	47,91 %	43,90 %

Taula 4. 1.- Percentatge comparatiu guanys respecte de la simulació A per la PB

Els guanys energètics registrats a través de les finestres de la planta baixa es caracteritzen per una notòria diferència entre les dues simulacions, com es pot comprovar en el gràfic (*Graf.4.2.*). En l'estudi visual realitzat anteriorment (*M4.1.*), s'ha comprovat que aquesta diferència es efecte de la porta-finestra orientada a sud (*Fig.4.9.*) (*Fig.4.10.*).

D'altra banda, també s'ha constatat que l'efecte del retranqueig evoluciona de forma descendent des de l'estiu fins l'hivern (*Taula 4.1.*), comportament que es visualitza en les captures de l'hivern (*Fig.4.29.*) (*Fig.4.30.*) i que és degut a la alçada solar al llarg de l'any (*Graf.4.1.*).

D'aquesta manera es corroboren les dades obtingues amb l'estudi visual i aquets guanys respecte de la simulació A, rondan un augment mitjà del **48,43 %**.



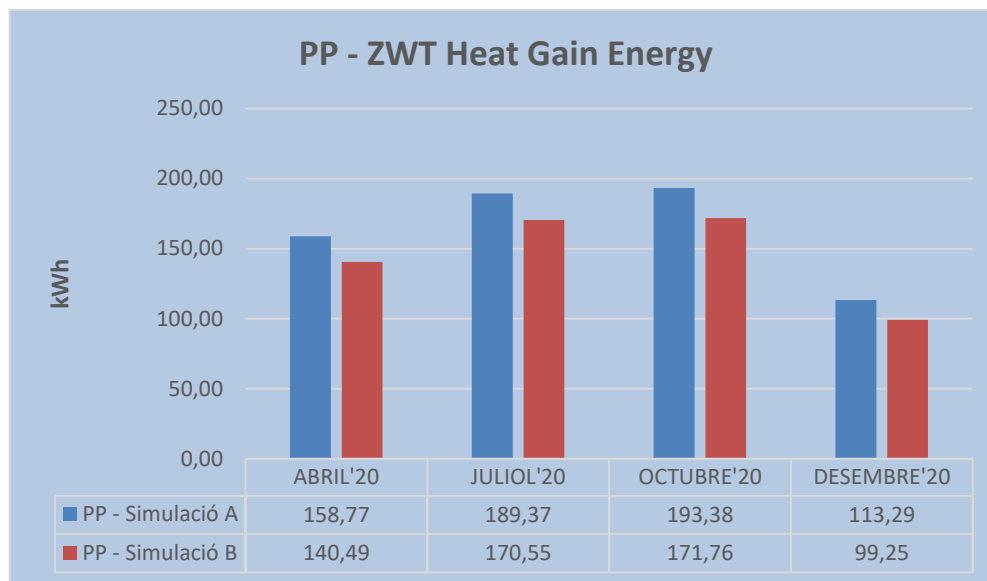
Graf.4. 3.- Pèrdues d'energia a través de les finestres en la planta baixa

	ABRIL '20	JULIOL '20	OCTUBRE '20	DESEMBRE '20
Percentatge resp. la simulació A	3,38 %	3,91 %	4,12 %	-0,83 %

Taula 4. 2.- Percentatge comparatiu pèrdues respecte de la simulació A per la PB

Les dades registrades de pèrdues d'energia a través de les finestres es caracteritzen per no tenir una gran diferència, tal i com es visualitza en el gràfic (*Graf.4.3.*).

Tenint en compte els percentatges adjunts en la graella (*Taula 4.2.*), la diferència mitja respecte la simulació A és de **2,64 %**. Aquesta magnitud és deguda a que es troben mesos amb percentatge negatiu, senyal que denota una major pèrdua d'energia respecte de la simulació B.



**Graf.4. 4.- Guanys d'energia a través de les finestres de la planta primera**

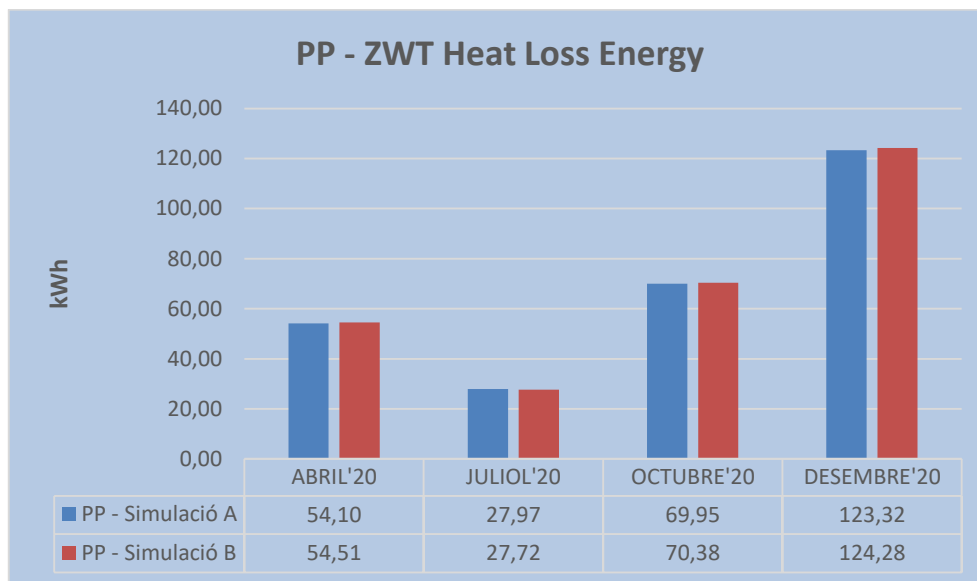
	ABRIL '20	JULIOL '20	OCTUBRE '20	DESEMBRE '20
<b>Percentatge resp. la simulació A</b>	11,52 %	9,94 %	11,18 %	12,39 %

**Taula 4. 3.- Percentatge comparatiu guanys respecte de la simulació A per la PP**

En els guanys energètics de les finestres situades en la planta primera es visualitza una diferència menor (*Graf.4.4.*), que les dades observades amb anterioritat en la planta baixa (*Graf.4.2.*). Aquest descens en la primera planta és degut a que la superfície de finestra orientada a sud, és substancialment menor (*Fig.4.1.*) i gran part de les finestres es troben en orientació nord.

En aquest cas, l'evolució dels percentatges (*Taula 4.3.*) és bastant més uniforme que respecte als de la planta baixa (*Taula 4.1.*). Aquest és degut a que l'únic efecte de les ombres generades pel retranqueig, es troba en les finestres i no es compta en una superfície del tipus de la porta-finestra de la planta baixa. Tenint així un comportament uniforme del retranqueig per ambdues finestres en aquesta planta, com s'ha verificat anteriorment en l'estudi visual (*Fig.4.31.*) (*Fig.4.32.*).

Respecte els percentatges de la graella (*Taula 4.3.*), com s'ha esmentat, evolucionen de forma més uniforme, que es tradueix en un augment mitjà respecte de la simulació del **11,26 %**.



**Graf.4. 5.- Pèrdues d'energia a través de les finestres de la planta primera**

	ABRIL '20	JULIOL '20	OCTUBRE '20	DESEMBRE '20
<b>Percentatge resp. la simulació A</b>	0,75 %	0,01 %	-0,04 %	-0,15 %

**Taula 4. 4.- Percentatge comparatiu pèrdues respecte de la simulació A per la PP**

Les pèrdues d'energia en la planta primera (*Graf.4.3.*) és caracteritzen per tenir un impacte clarament nul. Aquest es deu a que els valors de pèrdues entre ambdues simulacions són pràcticament els mateixos. En la graella (*Taula 4.4.*) es pot observar que els percentatges oscil·len entre els valors 0,75 % i -0,15%, respecte de la simulació A.

### **M4.3. CONCLUSIÓ COMPARATIVA DE LES SIMULACIONS**

Amb els estudis visual (*M4.1.*) i numèrics (*M4.2.*) de l'impacte solar per ambdues simulacions en les finestres del habitatge, es pot dur a terme una avaluació conclusiva per determinar quina importància té aquest retransmissió.

En primera instància es pot comprovar que les ombres del retransmissió generen un efecte més elevat durant l'estiu, que es verifica amb les captures (*Fig.4.9.*) (*Fig.4.10.*) i les dades (*Graf.4.2.*) estudiades anteriorment. Aquest efecte és degut a la inclinació solar (*Graf.4.1.*), que deixa escenaris diferents en el seu recorregut al llarg de l'any. Així doncs, també es visualitza que a menor inclinació, l'impacte solar augmenta com s'ha vist en l'estació d'hivern (*Fig.4.21.*) (*Fig.4.22.*).

Les dades més importants avaluades respecte de les finestres, són els guanys d'energia. Aquests estan dividits per a les dues plantes, mostrant així escenaris que a primera vista semblen bastant diferents.

En planta baixa, com es veu en la graella (*Taula 4.1.*), es troben valors percentuals elevats, trobant així un efecte major del retransmissió respecte de la simulació A, on les finestres es troben a nivell

de façana. D'altra banda, la primera planta compta amb valors (*Taula 4.3.*) molt menors, que pràcticament no generen cap impacte important.

Tot i l'esmentat anteriorment, les ombres generades pel retranqueig es mantenen bastant uniformes dins d'un interval que és correlatiu entre ambdues plantes. D'aquesta manera es pot afirmar que l'ombreig generat per aquest sistema constructiu, no té un impacte important al llarg de les estacions.

Igualment, degut als valors que s'han obtingut de la planta baixa (*Graf.4.2.*), efecte en gran part de la porta-finestra, es du a terme una mostra de les dades (*Taula 4.5.*) de demanda d'energia per la calefacció. Això es deu a que els guanys energètics a través de les finestres tenen un efecte directe amb aquest valor, a més de ser important cara a la climatologia de la situació (*Fig.3.6.*) de l'habitatge.

	Simulació A	Simulació B
Calefacció [kWh]	16951,61	17311,54

Taula 4. 5.- Comparativa necessitat calefacció entre les simulacions

La diferència entre les dues simulacions respecte la demanda de calefacció és d'aproximadament un 2 %, afirmant així que l'efecte de la porta-finestra no recalca una gran importància.

Finalment, es pot comprovar que els guanys i les pèrdues (*Taula 4.2.*) (*Taula 4.4.*) d'energia a través de les finestres no generen un impacte important, o dit d'altra manera, el retranqueig no suposa un aspecte important en l'elecció de les simulacions.

A partir d'aquest moment es durà a terme l'anàlisi energètic de l'estat inicial i del de millora de l'habitatge amb les dades obtingudes per la simulació A.

## M5. AVALUACIÓ DEL ESTAT INICIAL

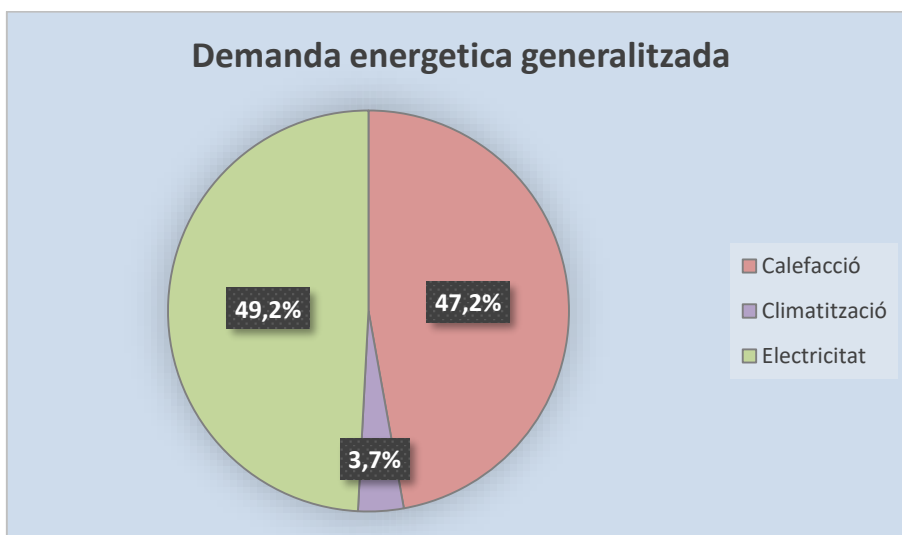
### M5.1. CONSUM BASE

Generalment tots els habitatges tenen una demanda d'energia, que es pot desglossar en els diferents tipus d'instal·lacions amb les que compta. D'aquesta manera es pot realitzar l'avaluació de la quantitat d'energia consumida [kWh] i el seu correlatiu impacte econòmic [€], per a cadascun dels usos.

Aquests estudis normalment és veuen afectats directament pel comportament dels tancaments, generant unes característiques que resulten en una transmissió tèrmica [ $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ] (U-Value) (M5.3.) i que afecten en l'impacte de les demandes de l'habitatge.

#### M5.1.1. DEMANDA D'ENERGIA

En primer lloc es realitza l'anàlisi de la demanda d'energia respecte les diferents necessitats d'usos de l'habitatge. Pel que fa a aquests estan dividits en calefacció, climatització i electricitat.



Graf.5. 1.- Demanda energètica general expressada en percentatges respecte kWh anuals

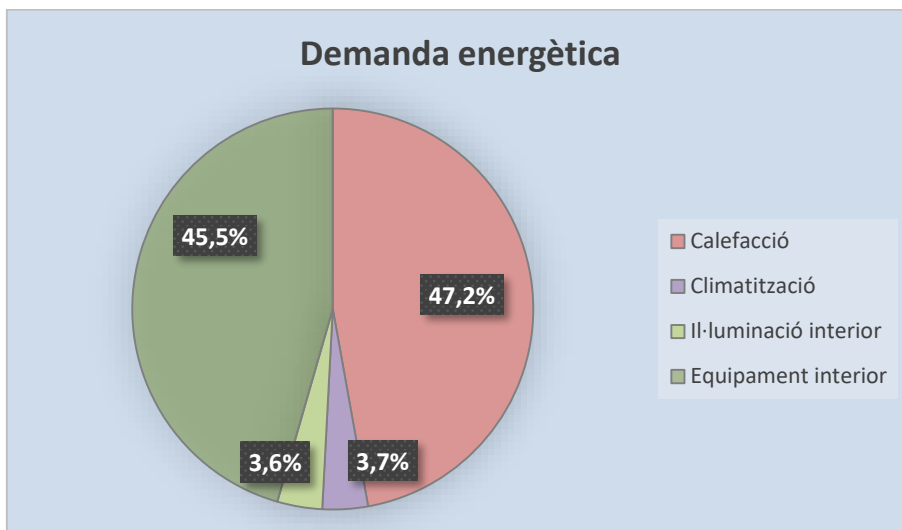
Electricitat [kWh]	Climatització [kWh]	Calefacció [kWh]
17664,65	1316,45	16951,61

Taula 5. 1.- Valors de la demanda generalitzada (Fig.5.1.) en kWh anuals

Com es pot visualitzar (Graf.5.1.), les dues instal·lacions del sistema constructiu amb més demanda són, de forma descendent, la d'electricitat i la de calefacció. Tot i això, aquestes dues tenen un valor que no dista gaire entre elles. (Taula 5.1.).

D'altra banda, la climatització no genera un impacte de demanda tant importat (Graf.5.1.) envers l'habitatge. Aquest fet és causa-efecte de la climatologia en la que es troba, tenint més mesos freds que disparen la demanda de calefacció respecte a la refrigeració.

Tenint coneixement d'aquestes dades es pot afirmar que la calefacció, que consta d'un sistema de radiadors elèctrics, és una de les variables que s'ha de reduir per tal d'aconseguir una millora de l'eficiència energètica.



**Graf.5. 2.- Demanda energètica desglossada en percentatges respecte kWh anuals**

Il·luminació interior [kWh]	Equipament interior [kWh]	Climatització [kWh]	Calefacció [kWh]
1301,58	16363,07	1316,45	16951,61

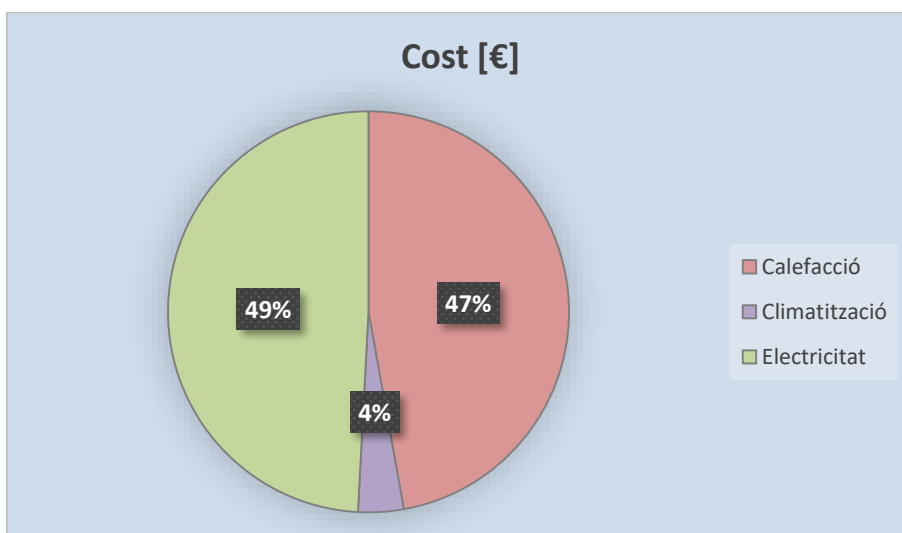
**Taula 5. 2.- Valors de demanda energètica desglossats en kWh**

Respecte a la demanda elèctrica, es pot dividir en dos grups. Els equipaments interiors, que generen gran part del consum elèctric de l'habitatge i per altra part la il·luminació interior, amb un valor percentual notòriament menor com es visualitza en la gràfica anterior (*Graf.5.2.*).

De manera que, dins les instal·lacions elèctriques, es pot afirmar que hi ha dos camps d'actuació per tal de realitzar una millora respecte l'eficiència energètica.

#### **M5.1.2. PREU RESPECTE AL CONSUM**

Un cop realitzat l'anàlisi de la demanda es du a terme la valoració econòmica que, en aquest cas, es generalitza tenint una demanda únicament del preu elèctric (*0,1195 €/kWh*) per a totes les instal·lacions.



**Graf.5. 3.- Cost elèctric per a cadascuna de les instal·lacions del habitatge en € anuals**



Electricitat [€]	Climatització [€]	Calefacció [€]
2110,93	157,32	2025,72

Taula 5. 3.- Valors del cost elèctric segons instal·lació en € anuals

De manera que, com s'ha esmentat anteriorment, es visualitza (*Graf.5.3.*) que hi ha una correlació de valors percentuals entre la demanda d'energia i l'impacte econòmic. Aquest es deu a que tota l'energia demandada per les diferents instal·lacions del habitatge té com a font comú l'energia elèctrica, tenint així la mateixa tarifa.

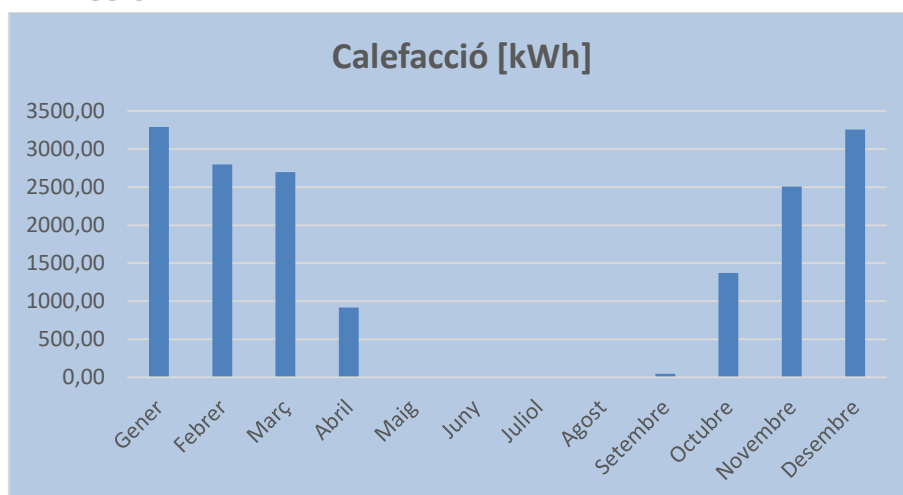
Es demostra de nou que les instal·lacions que generen un impacte econòmic important en l'habitatge són l'electricitat i la calefacció.

## M5.2. CONSUM TÈRMIC

L'avaluació del consum tèrmic comença per dur a terme l'estudi de l'energia de la calefacció i la climatització que demanda l'habitatge. Aquest es realitza per tal de quantificar i descriure l'evolució de l'energia utilitzada per ambdues instal·lacions al llarg de l'any.

Tot seguit s'estudien les pèrdues i guanys d'energia, que permeten visualitzar el calor sensible generat dins del habitatge per als diferents elements (il·luminació, persones i equipaments), a més del comportament energètic d'instal·lacions, finestres i tancaments.

### M5.2.1. CALEFACCIÓ



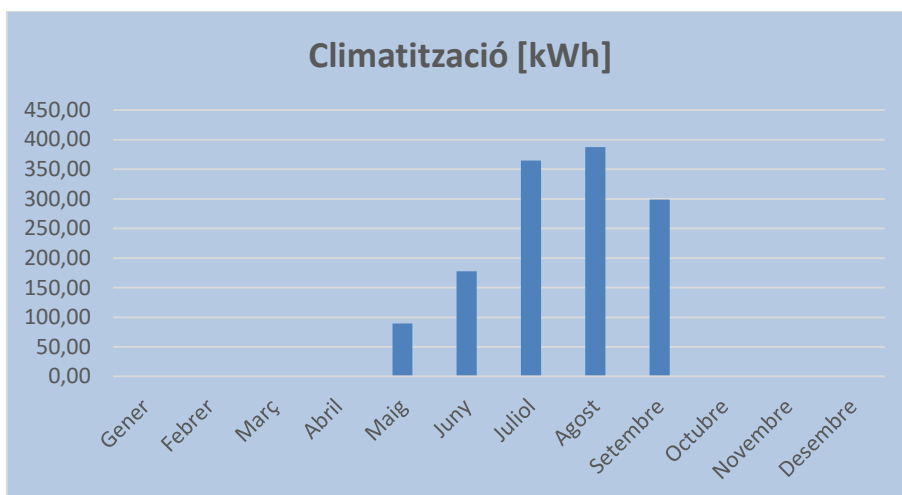
Graf.5. 4.- Evolució de la calefacció al llarg de l'any

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
3289,04	2795,77	2694,26	915,18	0,00	0,00
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
0,00	0,00	47,20	1372,01	2507,46	3254,04

Taula 5. 4.- Evolució en valors al llarg de l'any en kWh

Segons l'estudiat en l'apartat de demanda d'energia (5.1.1.), és comprova que la calefacció és una de les instal·lacions que compten amb un dels consums més elevats. Aquest índex es verifica amb les dades analitzades mes a mes (*Taula 5.4.*), de manera que s'identifica que els pics de consum més importants es troben situats en els mesos de Gener i Desembre (*Graf.5.4.*).

### M5.2.2. CLIMATITZACIÓ



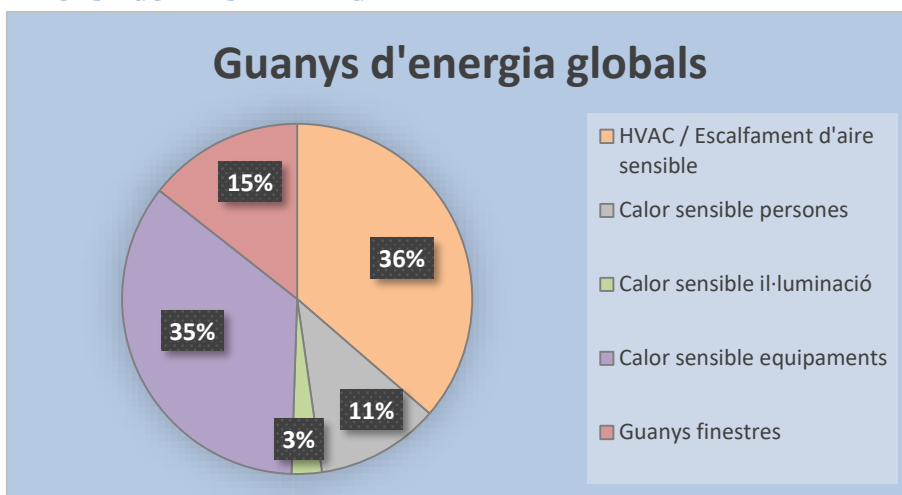
Graf.5. 5.- Evolució de la climatització al llarg de l'any

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
0,00	0,00	0,00	0,00	89,25	177,42
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
364,78	387,22	298,84	0,00	0,00	0,00

Taula 5. 5.- Evolució en valors al llarg de l'any en kWh

De la mateixa manera s'ha comprovat en l'apartat de la demanda d'energia (M5.1.1.), que la climatització no genera un impacte important envers les instal·lacions de l'habitatge. Aquesta afirmació es pot verificar amb les dades obtingudes mes a mes (Taula 5.5.), on es comprova que les dades generades són relativament baixes. El pic màxim per la climatització es troba en el mes d'Agost, tot i que el seu valor no és significatiu (Graf.5.5.). Els valors adquirits per l'avaluació denota un consum baix, podent afirmar així que la climatització no genera un impacte important en l'habitatge al llarg de l'estiu (Graf.5.5.) i podria ser menyspreable.

### M5.2.3. PERDUES I GUANYS D'ENERGIA



Graf.5. 6.- Guanys d'energia globals del habitatge en percentatge

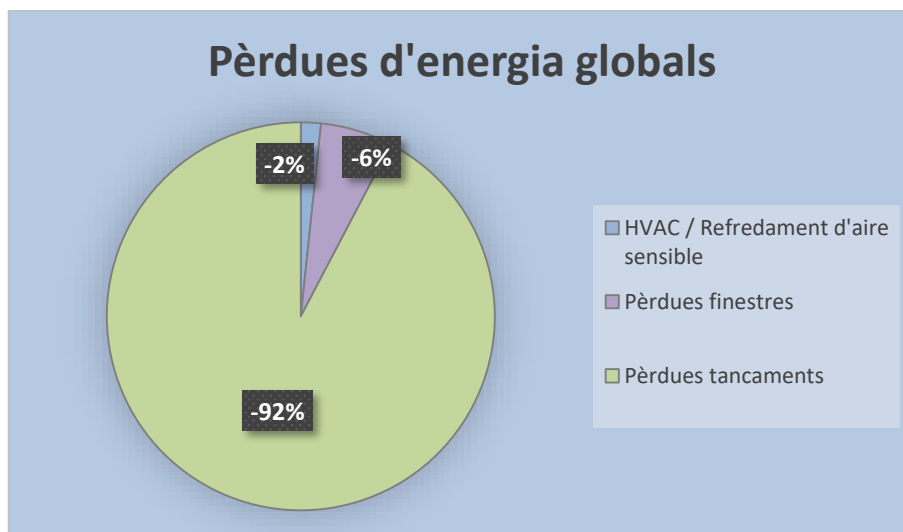
HVAC/Escalfament d'aire sensible [kWh]	Calor sensible persones [kWh]	Calor sensible il·luminació [kWh]	Calor sensible equipaments [kWh]	Guanys finestres [kWh]
16951,19	5303,86	1301,58	16363,08	6707,76

Taula 5. 6.- Valors dels guanys d'energia globals en kWh

En el gràfic es poden visualitzar les diferents variables de guanys d'energia globals que afecten interiorment a l'habitatge (*Graf.5.6.*). El calor sensible és una d'aquestes variables que es divideix entre persones, il·luminació i equipaments (*Taula 5.6.*). Els equipaments comporten una de les aportacions d'energia més importants de l'habitatge seguidament, com a valors menors, es troben les persones i la il·luminació respectivament (*Graf.5.6.*).

La calefacció (HVAC) també genera un impacte important en l'interior de l'habitatge com s'ha comprovat en l'apartat anterior (*M5.2.1.*). D'aquesta manera i com s'ha anat verificant de forma repetitiva en diversos apartats, l'aportació d'energia que es genera per part de la calefacció és una de les variables més importants de l'habitatge. A més, ara s'afegeix l'aportació de calor sensible que s'origina pels equipaments, tenint així dos variables importants respecte a l'avaluació de l'estat de millora.

D'altra banda, com s'ha comprovat anteriorment (*M4.1.1*) (*M4.1.2.*), els guanys de calor de les finestres venen donades en gran part per les finestres orientades a sud en l'època hivernal degut a la inclinació, on hi ha guanys solar durant tot el dia (*Fig.4.21.*) (*Fig.4.29.*) (*Fig.4.35.*). Aquest guany solar per les finestres és d'interès degut a que durant l'hivern ens ajuda a escalfar l'habitatge i ha reduir la demanda de calefacció, de manera que aquest factor de guanys és important mantenir-lo al realitzar una actuació de millora en les finestres.



Graf.5. 7.- Pèrdues d'energia globals del habitatge en percentatge

HVAC / Refredament d'aire sensible [kWh]	Pèrdues finestra [kWh]	Pèrdues tancaments [kWh]
-778,38	-2805,98	-43043,10

Taula 5. 7.- Valors de les pèrdues d'energia globals en kWh

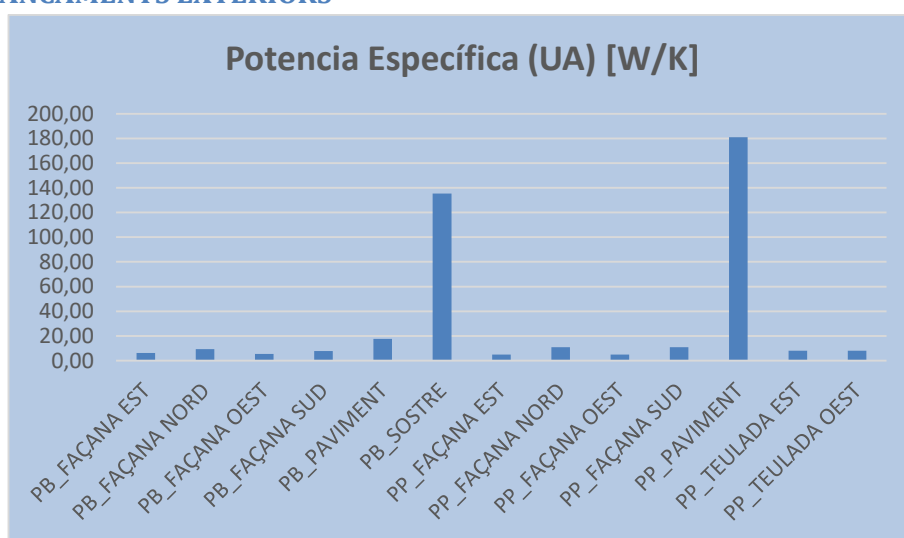
Les pèrdues d'energia globals es centren principalment en els tancaments del habitatge (*Graf.5.7.*), generant així una correlació entre els tancaments i el consum d'energia tèrmica, especialment la de calefacció.

S'assoleix així que els tancaments són un dels elements més importants en l'estudi de l'estat de millora del l'habitatge y de la mateixa manera que amb les finestres ens interessa realitzar un minvament de les pèrdues d'energia a través d'aquests elements.

### M5.3. TANCAMENTS

Els tancaments són tots aquells sistemes constructius que descriuen l'evolvent del habitatge. En els antecedents (M3.3.) d'aquesta auditoria, es descriu cadascun d'aquests tancaments i la seva composició, tenint en compte el gruix i la conductivitat tèrmica de cada material que els compona. L'avaluació de tancaments és du a terme amb el potencia específica (UA) en W/K. Aquesta magnitud es genera de multiplicar la superfície ( $m^2$ ) de cada element amb la transmitància tèrmica o U-value ( $W/m^2 \cdot K$ ).

#### M5.3.1. TANCAMENTS EXTERIORS



Graf.5. 8.- Potencia específica (UA) per als tancament opacs [W/K]

PB-Façana est	PB-Façana nord	PB-Façana oest	PB-Façana sud	PB-Paviment	PB-Sostre
6,29	9,38	5,33	7,72	17,74	135,40
PP-Façana est	PP-Façana nord	PP-Façana oest	PP-Façana sud	PP-Paviment	PP-Teulada (E i O)
4,81	10,77	4,81	10,86	181,04	7,94

Taula 5. 8.-Valors del potencia específica dels tancaments en W/K

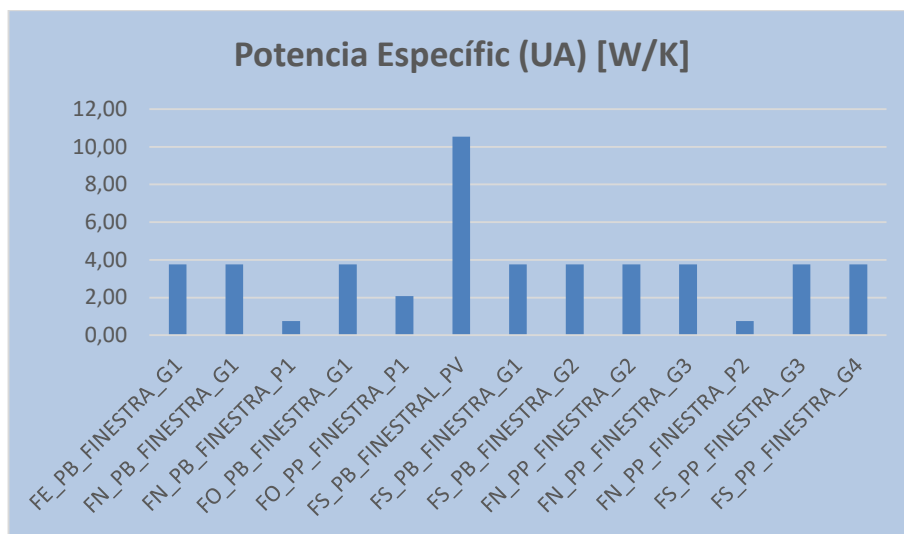
En primer lloc, en la gràfica (Graf.5.8.), es poden visualitzar dos pics bastant elevats. Aquests conformen un únic sistema constructiu, que és l'entresòl que separa ambdues plantes. Al tractar-se d'aquest element, on a través del qual no hi hauria d'haver transferència de calor (o reduïdes per la diferència de temperatura mínim que pot existir) perquè es tracta d'una separació entre dos espais (plantes) que estan gestionades per un únic termòstat, no s'inclou com un dels elements en els que s'ha d'efectuar una millora.

Tot seguit, es comprova que la resta de tancaments de l'habitatge varien dins d'un interval (Graf.5.8.) on els valors no tenen una oscil·lació exagerada (Taula 5.8.). Tot i tenir aquest comportament, hi ha dades que sobresurten les quals s'hauran de valorar respecte l'estat de millora, com és el cas del paviment (PB-Paviment) i les dues vessants de la teulada.

Respecte a les parets de l'habitatge, es troba un impacte important en la façana nord, de la mateixa manera que es troba un impacte similar en la façana oposada. D'aquesta manera,

s'afirma que s'ha de valorar una millora d'aquets elements, ja que marquen el que sembla un dels canvis més importants respecte als tancaments opacs.

### M5.3.2. TANCAMENTS TIPUS FINESTRES



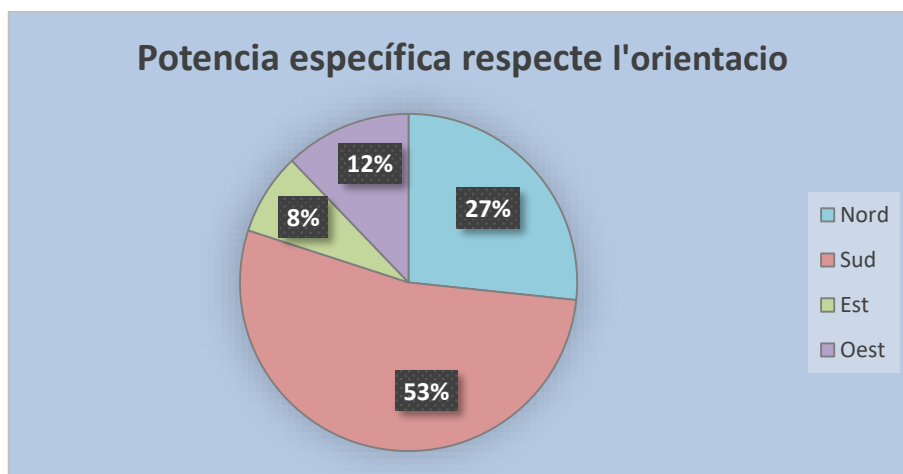
Graf.5. 9.- Potencia específica (UA) per als tancaments tipus finestra [W/K] respecte zona vidriada

FE-PB-G1 / FN-PB-G1 / FS-PB-G1	3,76	FN-PB-P1 / FN-PP-P2	0,75
FO-PB-G1 / FS-PB-G2 / FN-PP-G2		FS-PB-PV	10,54
FN-PP-G3 / FS-PP-G3 / FS-PP-G4		FO-PP-P1	2,07

Taula 5. 9.- Valors de la potencia específica de les finestres en W/K respecte zona vidriada

Com es visualitza en la gràfica (Graf.5.9.) i les dades de la graella (Taula 5.9.), que fan referència a la potencia específica (UA) de la zona vidriada de la finestra, es torna a trobar l'analitzat anteriorment en l'apartat de guanys i pèrdues solars (M4.1.) (M4.2.). De manera que detectem de nou l'impacte que genera la porta-finestra orientada a sud en la planta baixa.

De fet, es pot observar (Graf.5.10.), que l'impacte més important respecte a les finestres es localitza en el sud, tot seguit de les del nord, però amb un impacte menor.



Graf.5. 10.- Potencia específica (UA) respecte l'orientació en percentatge

Altrament, totes aquelles finestres marcades amb la nomenclatura "G" (P3.) (P4.), com es pot observar en les dades obtingudes (Taula 5.9.), també generen un impacte important. Esdevenint així, un altre punt important per a l'avaluació de l'estat de millora respecte les finestres.

## M6. AVALUACIÓ DEL ESTAT DE MILLORA

### M6.1. COMPARATIVA DE DADES AMB LA NORMALITZACIÓ

L'objectiu principal de l'estat de millora de l'habitatge és efectuar els canvis necessaris per tal d'aconseguir elevar l'eficiència energètica, però també complint la normativa vigent. D'aquesta manera es du a terme una correlació entre les dades obtingudes de la transmitància tèrmica i les normalitzades.

Les dades normalitzades s'extreuen del **document bàsic HE del CTE**, localitzades en la **taula a** de l'**annex E (transmitància tèrmica de l'element)**, tenint en compte que la zona climàtica d'actuació es classifica com a E.

Tancament	Estat Inicial (U-Value) [W/m <sup>2</sup> ·K]	Normativa (U-Value) [W/m <sup>2</sup> ·K]
Paret	0,39	0,23
Teulada	0,20	0,19
Paviment	0,25	0,48
Finestra	1,22	1,50

Taula 6. 1.- Comparació transmitància tèrmica entre estat inicial i normalització (valors orientatius)

Una vegada realitzada la comparació (*Taula 6.1.*), es pot visualitzar que hi ha elements que estan dins de lo establert per normativa i d'altres que no. Tot i això, aquets són valors orientatius que ens indiquen que els valors per a l'estat de millora s'han de col·locar propers o bé per sota, tenint la prioritat de buscar sempre una millora de l'eficiència energètica de l'habitatge.

### M6.2. PROPOSTES DE MILLORA

A partir de l'avaluació realitzada en l'estat inicial (*M5.*), a més de la comparativa amb la normativa de les dades obtingudes (*M6.1.*), es genera un llistat de possibles millores per a l'habitatge.

Com s'ha esmentat amb anterioritat (*M5.2.2.*), el sistema de climatització és pot descartar en l'avaluació degut a que no genera un impacte important. De fet l'habitatge no comptarà amb aquesta instal·lació degut al seu baix impacte. D'altra banda, totes les millores s'estudien respecte la reducció de la demanda de calefacció, ja que aquest factor és el que té més rellevància respecte l'habitatge.

#### M6.2.1. MILLORA A – ACTUACIÓ FINESTRES

En aquest cas les finestres compleixen normativa (*Taula 6.1.*) i el percentatge en pèrdues no genera un impacte important (*M5.2.3.*) (*Graf.5.7.*), tot i això es considera que és un dels elements que pot proporcionar una millora d'eficiència energètica en l'habitatge. D'aquesta manera es proposa realitzar el canvi de les actuals finestres per les de triple capa. En les següents graelles es pot observar la composició de la finestra i les seves propietats tèrmiques (*Taula 6.2.*) a més de la transmitància tèrmica i els seus elements desglossats (*Taula 6.3.*).

**Saint Gobain - SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 XN F5**



**Fig.6. 1.- Visualització de la composició de la finestra**

Material	$\lambda$ (W/m·K)	Gruix (mm)
Vidre baixa emissivitat tèrmica	0,7	4
Cambra amb argó	-	16
Vidre baixa emissivitat tèrmica	0,7	4
Cambra amb argó	-	16
Vidre baixa emissivitat tèrmica	0,7	4

**Taula 6. 2.- Composició de la finestra per l'estat de millora**

<b>Transmitància tèrmica vidres + cambres (<math>U_V</math>)</b>	1,57 W/m <sup>2</sup> ·K
<b>Transmitància tèrmica marc (<math>U_M</math>)</b>	1,80 W/m <sup>2</sup> ·K
<b>Transmitància tèrmica finestra (<math>U_F</math>)</b>	0,50 W/m <sup>2</sup> ·K

**Taula 6. 3.- Transmitància tèrmica finestra [W/m<sup>2</sup>·K]**

En efectuar l'avaluació de l'estat de millora amb l'actuació en les finestres, es troba que la calefacció evoluciona de la següent manera (Taula 6.4.):

<b>Calefacció: Estat inicial [kWh/any]</b>	<b>Calefacció: Estat de millora [kWh/any]</b>
16951,61	16003,18

**Taula 6. 4.- Comparativa de la demanda energètica respecte de les finestres [kWh/any]**

D'aquesta manera, es comprova que l'estalvi energètic es de **948,43 kWh/any** que equival a un **5,6%** de millora energètica respecte l'habitatge. Econòmicament repercuteix en un estalvi de **113,34 €/any** tenint com a combustible de generació l'electricitat amb un preu de **0,119 €/kWh**.

Tenint en compte que la superfície total de finestres en l'habitatge és de **15,3 m<sup>2</sup>**, la inversió de les quals, a un valor de **106,9 €/m<sup>2</sup>**, es d'un total de **1635,6 €**. De manera que l'actuació tindria un temps d'amortització de **14,4 anys**.



### M6.2.2. MILLORA B – ACTUACIÓ PARETS

Les parets d'aquest habitatge es caracteritzen pel seu ample gruix al llarg de tota la seva composició. Degut a aquesta casuística es busca una solució d'aïllament que no sigui agressiva en el sistema constructiu de l'habitatge. D'aquesta manera s'opta per insuflar boletes o perles de EPS en l'interior de la cambra d'aire (*Fig.6.2.*), tenint que fer únicament petites obertures al llarg de la paret.

#### Boletes EPS NEOPOR



Fig.6. 2.- Boles o perles de EPS en cambra d'aire

Conductivitat tèrmica [ $\lambda$ ]	0,03 W/m·K
Transmitància tèrmica [U]	1,1 W/m <sup>2</sup> ·K
Densitat [ $\rho$ ]	20 kg/m <sup>3</sup>

Taula 6. 5.- Característiques del aïllant de boletes EPS NEOPOR

Material	$\lambda$ (W/m·K)	Gruix (mm)
Pedra Benasque	1,4	200
Bloc de formigó	0,73	200
Boletes EPS NEOPOR	0,03	100
Fibra mineral	0,05	90
Placa de guix	0,16	10

Taula 6. 6.- Composició de la paret per l'estat de millora

Transmitància tèrmica paret (U)	0,178 W/m <sup>2</sup> ·K
---------------------------------	---------------------------

Taula 6. 7.- Nova transmitància tèrmica de la paret [W/m<sup>2</sup>·K]

Com es mostra amb anterioritat es tenen les propietats tèrmiques (*Taula 6.5.*) i la nova determinació de la composició de la paret (*Taula 6.6.*) així com la transmitància tèrmica (*Taula 6.7.*). Un cop introduïdes totes aquestes dades en el model d'estat de millora, es troba la següent comparativa de dades (*Taula 6.8.*) respecte de la calefacció.

Calefacció: Estat inicial [kWh/any]	Calefacció: Estat de millora [kWh/any]
16951,61	15429,78

Taula 6. 8.- Comparativa de la demanda energètica respecte de la paret [kWh/any]



D'aquesta manera es pot comprovar que l'estalvi energètic és de **1521,83 kWh/any** que equival a un **8,9 %** de millora energètica respecte de l'habitatge. Econòmicament repercuteix en un estalvi de **181,4 €/any** tenint com a combustible de generació l'electricitat a un preu de **0,119 €/kWh**.

Tenint en compte que la superfície total de paret es de **155,36 m<sup>2</sup>** i que la cambra d'aire que s'ha d'emplenar te un gruix de **0,1 m**, el volum total necessari de material aproximat és de **15,54 m<sup>3</sup>** o el que equival a **15536 litres**. Aquest volum comporta una inversió inicial de **4334,54 €**, de manera que l'actuació tindrà un temps d'amortització de **23,9 anys**.

### M6.2.3. MILLORA C – ACTUACIÓ TEULADA

La teulada, en el seu estat inicial, compta amb una composició (Taula 3.3.) (Fig.3.11.) que no és gaire adient pel que respecta a aquest tipus de sistemes constructius. Per aquest motiu, es planteja una reestructuració de la composició (Taula 6.10.) de la teulada on a més es canvia el tipus de material d'aïllament (Taula 6.9.) i s'incrementa el seu gruix.

#### Llana de roca (ROOLROCK KRAFT)



Fig.6. 3.- Exemple de la col·locació de les plaques de llana de roca

Conductivitat tèrmica [ $\lambda$ ]	0,039 W/m·K
Resistència tèrmica (100 mm) [R]	2,56 m <sup>2</sup> ·K /W
Resistència tèrmica (200 mm) [R]	5,12 m <sup>2</sup> ·K /W
Densitat [ $\rho$ ]	40 kg/m <sup>3</sup>

Taula 6. 9.- Característiques tèrmiques i de densitat de la llana de roca

Material	$\lambda$ (W/m·K)	Gruix (mm)
Pissarra	1,59	10
Formigó pobre	1,45	25
Maó	0,67	102
Formigó teulada	0,53	210
Llana de roca ROOLROCK KRAFT	0,039	200
Llana de roca ROOLROCK KRAFT	0,039	100
Fusta	0,29	20

Taula 6. 10.- Composició de la teulada per el estat de millora

Transmitància tèrmica teula [U]	0,118 W/m <sup>2</sup> ·K
---------------------------------	---------------------------

Taula 6. 11.- Nova transmitància tèrmica de la teulada

Degut als gruixos que es comercialitzen d'aquest material s'ha optat per realitzar un sistema en el que les plaques es col·loquin unes sobre les altres. D'aquesta manera, es fa ús del mateix tipus de placa però amb gruixos diferents. Aquestes es podran col·locar de manera específica tapant la junta entre planxes de la primera capa d'aïllament i trencant així els possibles ponts tèrmics de la coberta.

Un cop avaluades les dades tèrmiques i introduïdes en el model de millora de l'habitatge, es troba la següent comparativa de dades (*Taula 6.12.*) respecte de la calefacció.

Calefacció: Estat inicial [kWh/any]	Calefacció: Estat de millora [kWh/any]
16951,61	15428,48

*Taula 6. 12.- Comparativa de la demanda energètica respecte la teulada en [kWh/any]*

D'aquesta manera, es pot comprovar que l'estalvi energètic és de **1448,08 kWh/any** que equival a un **8,5 %** de millora energètica respecte l'habitatge. Econòmicament repercuteix en un estalvi de **173,04 €/any** tenint com a combustible de generació l'electricitat a un preu de **0,119 €/kWh**.

En aquest cas, la inversió econòmica es divideix en dues parts degut a que s'ha de comprar els dos grossors de planxa per als **79,4 m<sup>2</sup>** que conforma la teulada. D'aquesta manera es troba per una banda que la planxa d'un gruix de **200 mm** té un cost de **18,24 €/m<sup>2</sup>**, que suposa un total de **1448,25 €**. D'altra banda la planxa de **100 mm** de gruix, amb un cost de **10,56 €/m<sup>2</sup>**, suposa un total de **838,46 €/m<sup>2</sup>**.

Finalment es troba que la inversió total és de **2286,75 €/any** que suposa una amortització **13,2 anys** respecte a la teulada.

#### M6.2.4. MILLORA D – ACTUACIÓ EN ELEMENTS ELÈCTRICS D'IL·LUMINACIÓ

Com s'especifica en apartats anteriors (*M5.1.1.*), dins dels elements elèctrics es troba dos camps d'actuació com són els equipaments i la il·luminació. En aquest cas, es du a terme una actuació de millora per aquest segon, canviant les bombetes halògenes existents per LED. El càlculs pertinents per aquest canvi es troben en l'annex per l'estat de millora (*A1.2.2.*).

Tot seguit es mostra la comparativa entre l'estat inicial i el de millora respecte la demanda d'energia elèctrica per la il·luminació (*Taula 6.9.*).

Il·luminació: Estat inicial [kWh/any]	Il·luminació: Estat de millora [kWh/any]
1301,58	171,70

*Taula 6. 13.-Comparativa de la demanda energetica respecte la il·luminació en [kWh/any]*

D'aquesta manera es pot comprovar que l'estalvi energètic és de **1129,8 kWh/any** que equival a una millora energètica del **86,8 %**. Econòmicament repercuteix en un estalvi de **135,02 €/any** respecte el preu de l'electricitat que és de **0,119 €/kWh**.

Tenint en compte que de forma orientativa la casa compta amb unes **24 bombetes** i el preu mig de una bombeta de LED és d'uns **5 €/bombeta**, la inversió inicial és de **120 €**. Aquesta actuació de millora té un temps d'amortització de **0,88 anys**, el que representa una recuperació en menys d'un any.

### M6.2.5. COMBINACIONS DE LES MILLORES

Anteriorment, s'han analitzat les millores de forma individualitzada per tal de poder visualitzar el comportament tèrmic per a cadascuna de les actuacions respecte dels diferents sistemes constructius de l'habitatge. Tot seguit es duen a terme la combinació d'aquestes propostes de millora per tal de poder trobar una millora en la que l'estalvi d'energia i l'amortització siguin correlativament òptimes.

Tot seguit en les graelles es troba un resum de les dades obtingudes per les diferents combinacions de les propostes de millora abans esmentades.

- MILLORA A+B – ACTUACIÓ EN FINESTRES + PARET**

Estalvi energètic	2455,55 kWh/any
Percentatge estalvi energètic	14,48 %
Estalvi econòmic	293,43 €/any
Inversió econòmica	5970,14 €
Amortització	20,3 anys

Taula 6. 14.- Millora A+B – Actuació en finestres i paret

- MILLORA A+C – ACTUACIÓ EN FINESTRES + TEULADA**

Estalvi energètic	1241,05 kWh/any
Percentatge estalvi energètic	7,32 %
Estalvi econòmic	148,30 €/any
Inversió econòmica	3922,32 €
Amortització	26,4 anys

Taula 6. 15.- Millora A+C – Actuació en finestres i teulada

- MILLORA A+D – ACTUACIÓ EN FINESTRES + IL·LUMINACIÓ**

Estalvi energètic	1644,82 kWh/any
Percentatge estalvi energètic	9,08 %
Estalvi econòmic	196,57 €/any
Inversió econòmica	1752,60 €
Amortització	8,9 anys

Taula 6. 16.- Millora A+D – Actuació en finestres i il·luminació

- MILLORA A+B+D – ACTUACIÓ EN FINESTRES + PARET + IL·LUMINACIÓ**

Estalvi energètic	3177,09 kWh/any
Percentatge estalvi energètic	17,39 %
Estalvi econòmic	375,66 €/any
Inversió econòmica	6087,14 €
Amortització	16,2 anys

Taula 6. 17.- Millora A+B+D – Actuació en finestres, paret i il·luminació

- MILLORA A+B – ACTUACIÓ EN FINESTRES + TEULADA + IL·LUMINACIÓ**

Estalvi energètic	1946,63 kWh/any
Percentatge estalvi energètic	10,76 %
Estalvi econòmic	232,62 €/any
Inversió econòmica	4039,32 €
Amortització	17,4 anys

Taula 6. 18.- Millora A+B – Actuació en finestres, teulada i il·luminació

- MILLORA B+C+D – ACTUACIÓ EN PARET + TEULADA + IL·LUMINACIÓ**

Estalvi energètic	2539,24 kWh/any
Percentatge estalvi energètic	14,03 %
Estalvi econòmic	303,44 €/any
Inversió econòmica	6741,26 €
Amortització	22,2 anys

Taula 6. 19.- Millora B+C+D – Actuació en paret, teulada i il·luminació

- MILLORA A+B+C+D – ACTUACIÓ EN FINESTRES + PARET + TEULADA + IL·LUMINACIÓ**

Estalvi energètic	3485,48 kWh/any
Percentatge estalvi energètic	19,26 %
Estalvi econòmic	416,51 €/any
Inversió econòmica	8373,86 €
Amortització	20,1 anys

Taula 6. 20.- Millora A+B+C+D - Actuació en finestres, paret, teulada i il·luminació

### M6.3. ELECCIÓ DE MILLORA PER L'ESTAT FINAL DEL HABITATGE

Un cop estudiades les diferents actuacions per l'estat de millora de l'habitatge es du a terme l'elecció d'una d'aquestes combinacions. En aquesta casuística podem trobar dues actuacions que són bastant interessants i que a més tenen un estalvi energètic important. Aquestes són la millora A+B+D (Taula 6.17.) i la A+B+C+D (Taula 6.20.), on des d'aquest moment s'anomenaran AA i BB respectivament.

Com es pot comprovar en les graelles (Taula 6.17.) (Taula 6.20.) la diferencia de l'estalvi energètic només es distancia un **1,87 %** entre ambdues opcions, tenint un **17,39 %** d'estalvi en la **AA** i un **19,26%** en la **BB**.

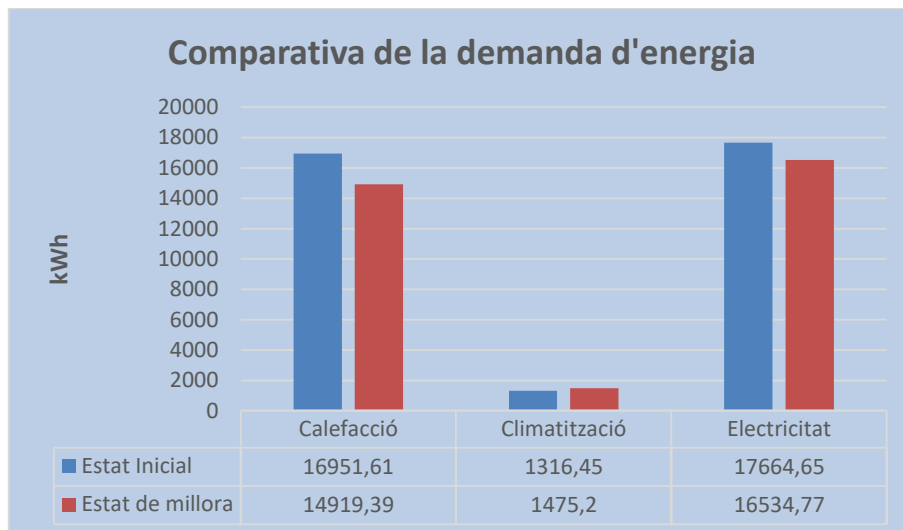
Tot i que aquestes dues opcions siguin tant similars varien bastant respecte la seva inversió i l'amortització. Es pot afirmar que l'**opció AA** és més òptima degut a que la inversió d'aquesta, de **6087,14 €**, és **2286,72 €** més econòmica enfront de la BB de **8373,86 €**. De mateixa manera es troba el mateix escenari pel temps d'amortització tenint entre elles una diferència de **3,9 anys**, on la AA es troba en **16,2 anys** i la BB en **20,1 anys**.

Tenint en compte aquestes premisses es pot afirmar que l'opció amb les millors característiques és la AA, opció que s'elegeix degut a l'alt estalvi d'energia respecte del retorn econòmic de la inversió inicial.

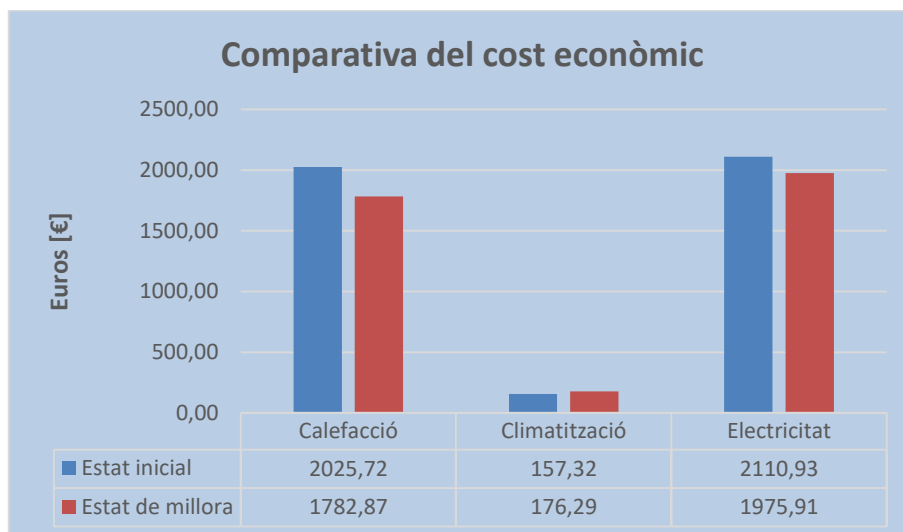
## M7. ANALISIS COMPARATIU ENTRE ELS ESTATS

Tot seguit s'analitza de manera més extensa, el comportament de l'energia en l'estat de millora, tenint en compte la demanda, els guanys i les pèrdues a través dels diferents elements de l'habitatge. D'aquesta manera es du a terme una comparativa de dades entre l'estat inicial i l'estat de millora, amb intenció de quantificar les millores realitzades en el sistema constructiu.

### M7.1. CONSUM BASE: COMPARATIVA DEMANDA D'ENERGIA I ESTALVI ECONOMIC



Graf.7. 1.- Comparativa de la demanda d'energia anual en kWh



Graf.7. 2.- Comparativa del cost econòmic anual en euros [€]

Com es comprova en la graella (*Graf.7.1.*) es visualitza que la major diferència d'energia es troba en la calefacció. Tenint així una diferència entre l'estat inicial i el de millora del **12%**, que suposa un estalvi d'energia de **2032,27 kWh**. A més a més, es troba que l'estalvi d'aquesta energia suposa econòmicament, tenint com a energia de referència l'electricitat, un estalvi de **248,85 €** anualment (*Graf. 7.2.*).

L'electricitat consumida per els equipaments i la il·luminació interior (*Graf.7.1.*) de l'habitatge, compta amb un percentatge de millora global del **6,4 %**. Tot i això, si s'aïlla el percentatge de millora que suposa la il·luminació, aquesta és del **86,81 %**, descrivint així una millora general que

suposa un estalvi de **1129,88 kWh**. D'aquesta manera es pot afirmar que l'actuació realitzada amb la il·luminació porta un estalvi econòmic de **135,02 €** anualment (*Graf.7.2.*).

D'altra banda, la demanda de climatització s'eleva lleument per l'estat de millora (*Graf.7.1.*), tenint una pujada del **12%** que suposa un valor de **158,75 kWh**. Aquest valor es pot considera menyspreable degut a que no suposa un gran impacte per l'habitatge ja que, com s'ha especificat anteriorment, l'edifici no compta amb aquest tipus d'instal·lació.

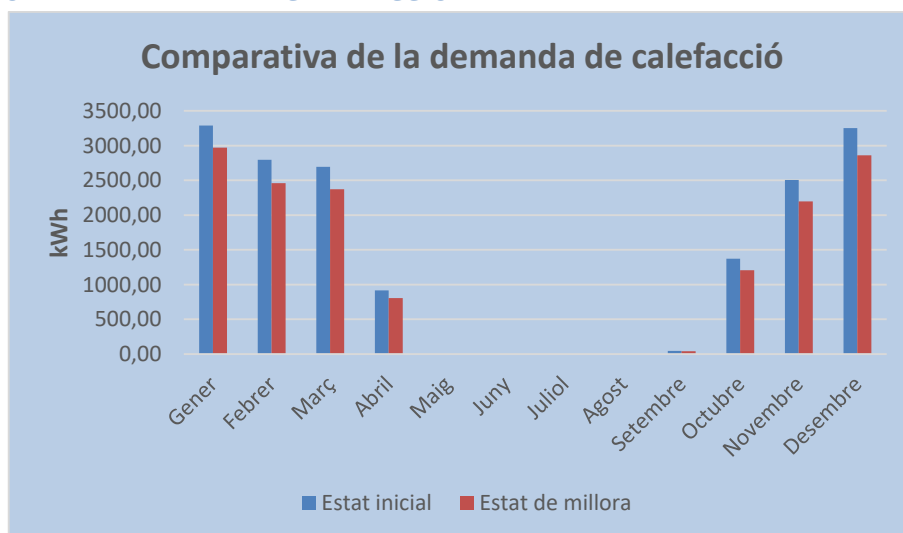
Així l'estalvi de la demanda de l'habitatge queda:

Estalvi energètic	
Calefacció [kWh]	Electricitat (Equipaments i il·luminació) [kWh]
2032,27	1129,88
Estalvi econòmic	
Calefacció [€]	Electricitat (Equipaments i il·luminació) [€]
248,85	135,02

Graf.7. 3.- Resum del estalvi energètic i econòmic anual del habitatge

## M7.2. CONSUM TÈRMIC

### M7.2.1. COMPARATIVA DE LA CALEFACCIÓ



Graf.7. 4.- Comparativa de l'evolució de la calefacció al llarg de l'any en kWh

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
2973,71	2460,31	2371,22	804,37	0,00	0,00
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
0,00	0,00	41,90	1205,43	2199,90	2862,49

Taula 7. 1.- Valors de la evolució de la calefacció al llarg del any en l'estat de millora [kWh]

Com ja s'ha especificat en l'apartat anterior (*M7.1.*), la calefacció és un dels elements que aporta un estalvi energètic més gran. D'aquesta manera es pot visualitzar en el gràfic (*Graf.7.4.*) la comparativa entre tots dos estats a mes del estalvi energètic respecte del estat inicial.

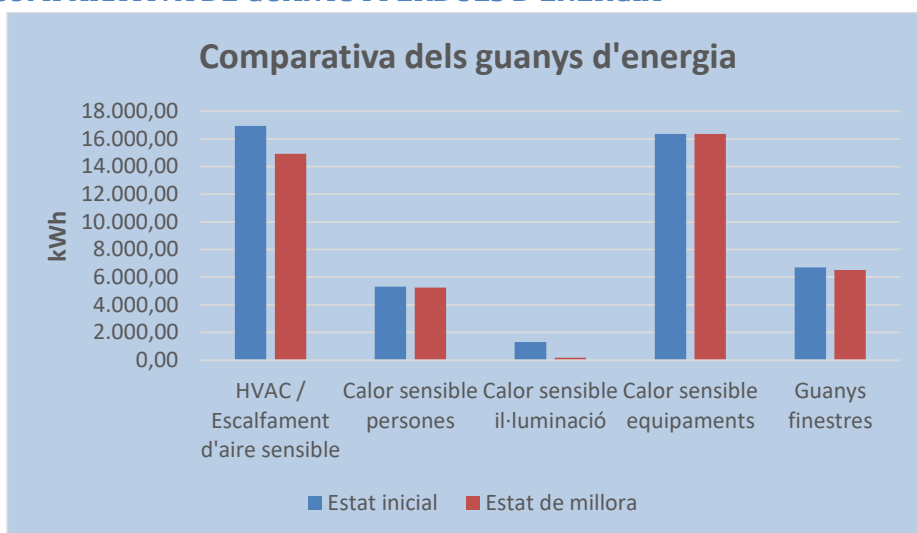
Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny
315,33	335,46	323,04	110,81	0,00	0,00
Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
0,00	0,00	5,30	166,58	307,56	391,55

**Taula 7. 2.- Diferencia en kWh entre l'estat inicial i el de millora anualment**

Aquest estalvi d'energia entre l'estat inicial (*Taula 5.4.*) i el de millora (*Taula 7.1.*) recullen els seus valors en la graella anterior (*Taula 7.2.*), de manera que es pot comprovar que al Novembre hi ha una millora energètica del **12,3 %**, tenint aquí el pic de millora envers a la calefacció. D'altra banda, es troba que el mes de Gener té una millora del **9,6 %** sent aquesta la millora més baixa.

D'aquesta manera i com s'ha comprovat anteriorment (*M7.1.*), la millora mitjana de la calefacció al llarg de l'any, es mou entre els valors de **11,6% i 12%**.

### M7.2.2. COMPARATIVA DE GUANYES I PERDUES D'ENERGIA



**Graf.7. 5.- Comparativa dels guanys d'energia en kWh**

HVAC/Escalfament d'aire sensible	Calor sensible persones	Calor sensible il·luminació	Calor sensible equipaments	Guanys finestres
2032,5	52,31	1129,88	0	190,55

**Taula 7. 3.- Diferencia de guanys en kWh entre l'estat inicial i de millora**

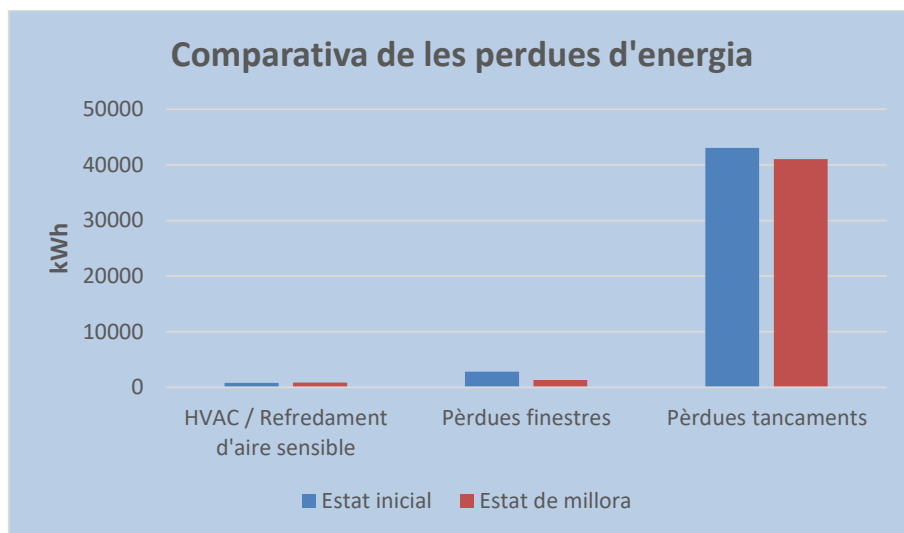
En primera instància es visualitza en el gràfic (*Graf.7.5.*) que l'escalfament i el calor sensible en il·luminació són els dos camps principals en patir una baixada de guanys d'energia respecte de l'estat inicial.

Com es comprova en la graella (*Taula 7.3.*) l'escalfament de l'aire té una baixada de **2032,5 kWh** a l'any que suposa un **12 %** menys de guanys que els que hi havia en l'estat inicial. D'altra banda, el calor sensible per il·luminació descendeix **1129,88 kWh**, producte del canvi de bombetes a LED (*M6.2.4.*) (*A1.2.2.*), tenint una baixa percentual de guanys del **86,81 %**.

Finalment es comprova que el canvi de les finestres, que ara es componen per tres vidres de 4 mm i dues cambres amb argó de 16 mm (*M6.2.1.*), només tenen una reducció de guanys del **2,84 %** (*Taula 7.3.*) (*Taula 5.6.*).

Aquesta reducció tant baixa es molt interessant degut a que es mantenen gairebé igual els guanys d'energia solar en l'habitatge, tal i com s'han estudiat en apartats anteriors (M4.) (M5.3.2.). Així mateix, envers a les pèrdues en les finestres, es denota un bon aïllament degut a que es redueix en **1488,39 kWh** que suposa un **53,04 %** de l'estat inicial.

De manera que es pot afirmar que les finestres denoten una de les millores més òptimes i eficients respecte de l'habitatge, degut a que d'una banda ens conserva els guanys de calor i del altra redueix considerablement les pèrdues respecte de l'estat inicial.



**Graf.7. 6.- Comparativa de les pèrdues d'energia en kWh**

HVAC/Refredament d'aire sensible	Pèrdues finestres	Pèrdues tancaments
-96,29	1488,39	2012,88

**Taula 7. 4.- Diferencia de pèrdues en kWh entre l'estat inicial i de millora**

Pel que fa a les pèrdues dels tancaments, s'ha aconseguit fer una reducció de **2012,88 kWh** anuals, introduint boletes o perles de polietilè expandit (M6.2.2.) en les cambres d'aire de les parets, suposant un aïllament aproximat de 100 mm de gruix. De manera que aquesta reducció de pèrdues representa percentualment un **4,68 %**.

Finalment es comprova que amb les actuacions de millora que s'han implementat, es poden reduir les pèrdues d'energia envers a l'habitatge un **57,7 %** que suposa evitar gairebé un **60 %** de les pèrdues.



## M8. CONCLUSIÓ

Com a conclusió d'aquesta memòria, es realitza aquest apartat conclusiu on es fa un breu resum de les dades de demanda i cost d'energia per a l'estat inicial i el de millora de l'habitatge, a més d'una breu explicació dels diferents determinacions assolides per la realització de l'auditoria energètica.

En primera instància es realitza un anàlisi d'ombres (M4.) per tal de determinar si en el modelitzat faran falta el retranqueig que tenen les diferents obertures de l'habitatge. D'aquest estudi se n'extreu que aquesta solució constructiva no genera un impacte important i s'elegeix modelar l'habitatge sense els retranqueig en les finestres.

L'estat inicial (M5.) de l'habitatge es caracteritza per les dades de la graella (Taula 8.1.) que hi ha tot seguit:

DEMANDA ENERGETICA: ESTAT INICIAL	
Electricitat [kWh]	Calefacció [kWh]
17664,65	16951,61
COST ECONOMIC: ESTAT INICIAL	
Electricitat [€]	Calefacció [€]
2025,75	2110,93

Taula 8. 1.- Resum de demanda i cost de l'energia en l'estat inicial anualment

Seguidament a l'anàlisi previ de l'estat inicial (M5.) es realitza un estudi i proposta de les diferents actuacions per a l'estat de millora (M6.). La proposta de millora escollida consta d'una actuació en les finestres, les parets i la il·luminació (Taula 6.17.).

A continuació es poden visualitzar (Taula 8.2.) les dades obtingudes un cop aplicades les propostes de millora en el model inicial:

DEMANDA ENERGETICA: ESTAT DE MILLORA	
Electricitat [kWh]	Calefacció [kWh]
16534,77	14919,39
COST ECONOMIC: ESTAT INICIAL	
Electricitat [€]	Calefacció [€]
1975,91	1782,87

Taula 8. 2.- Resum de demanda i cost de l'energia en l'estat de millora anualment

Com a tancament d'aquesta avaluació s'observa que, respecte a la il·luminació i als equipaments elèctrics (Electricitat) hi ha una **millora energètica del 6,4 %** i una d'**econòmica del 2,5 %**. D'altra banda la calefacció compta amb una **millora energètica del 12%** i d'**econòmica del 15,54 %**.

Aquets valors percentuals tenen un efecte directe en el temps d'amortització de l'actuació de millora en l'habitatge, tenint així una recuperació econòmica de la inversió de **16,2 anys**.

## II. ANNEX

### A1. CARREGUES (LOADS)

#### A1.1. CARREGUES PER OCUPACIÓ

L'ocupació de l'habitatge comptarà amb una família de 4 persones i es farà ús de calendaris fraccionaris per dur a terme la descripció de l'ocupació al llarg de tot l'any. D'aquesta manera com s'utilitza aquesta tipologia de calendari, es pot definir que cadascuna d'aquestes persones compta com una fracció de 0,25.

També s'han realitzat els pertinents calendaris d'activitat d'aquestes persones. De manera que s'ha recorregut a la normativa **UNE-EN ISO 7730:2006**, que fa referencia a la tasa metabòlica per diferents activitats. Específicament s'ha tingut en compte la **"taula 3.1.-tasses metabòliques"**, que esta continguda en la normativa i s'adjunta (Taula A1.1.) tot seguit:

Activitat	Tasses metabòliques	
	W/m <sup>2</sup>	met
Repòs, estirat	46	0,8
Repòs, assegut	58	1
Activitat sedentària (oficina, domicili, escola, laboratori)	70	1,2
Activitat lleugera, de peu (de compres, laboratori, industria lleugera)	93	1,6
Activitat mitja, de peu (dependent de comerç, tasques domèstiques, treball amb màquines)	116	2
<b>Caminar en pla</b>		
2 Km/h	110	1,9
3 Km/h	140	2,4
4 Km/h	165	2,8
5 Km/h	200	3,4

Taula A1. 1.- Taula normalitzada de tasses metabòliques segons activitat

En Energy Plus, l'activitat de les persones es quantifica en W/persona. Per dur a terme la conversió necessària per obtenir aquesta magnitud amb la que treballa el programa, s'ha de realitzar el càlcul tenint en compte els W/m<sup>2</sup> de la taula anterior (Taula A1.1.), a més de la superfície de pell d'una persona d'estatura mitja (2 m<sup>2</sup>/persona). Tenint aquets dos valors es poden realitzar els càlculs de la següent taula:

Activitat	Càlcul	Resultat
Repòs, estirat	46 W/m <sup>2</sup> · 2 m <sup>2</sup> /pers	92 W/pers
Repòs, assegut	58 W/m <sup>2</sup> · 2 m <sup>2</sup> /pers	116 W/pers
Activitat sedentària	70 W/m <sup>2</sup> · 2 m <sup>2</sup> /pers	140 W/pers

Taula A1. 2.- Càlculs de la tasa metabòlica en W/pers.

## A1.2. CARREGUES PER IL·LUMINACIÓ

Per a dur a terme el dimensionat de la potència elèctrica per cadascuna de les estàncies del habitatge i les seves zones tèrmiques, s'ha realitzat l'avaluació d'aquestes tenint en compte els lúmens per metre quadrat ( $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lux}$ ).

L'estudi d'aquets es realitza tenint les referències contingudes en la taula (Taula A1.3.) que es troba tot seguit, definint els lux mínims necessaris depenent del tipus d'espai.

Activitat/Espai	Lux (Lumen/ $\text{m}^2$ )
Cuina	108
Cuina(tasques)	538
Menjador	54
Habitació	54
Habitació (lectura)	431
Escriptori	431
Tauleta de nit	431
Bany	54
Bany (tasques)	323
Passadís	54
Garatge	108

Taula A1. 3.- Lux d'il·luminació necessari segons tipus d'espai

També s'ha fet us de la taula d'equivalències (Taula A1.4.) dels diferents tipus de bombeta (LED, incandescent o halògena) respecte els lúmens que proporcionen.

Bombeta LED (W)	Lumen equivalent (lm)	Bombeta Incandescent/halògena (W)
1	70-100	10
4	300-360	35
5	380-450	35-45
6	450-520	40
7	500-620	45-60
9	700-850	50-80
10	800-980	60-70

Taula A1. 4.- Taula d'equivalència entre lúmens i bombetes halògenes

### A1.2.1. ESTAT INICIAL

Per la realització dels càlculs de potència d'il·luminació s'ha comptat amb dues zones diferenciades com són: planta baixa i planta primera. Dins d'aquestes zones es desfragmenta en les diferents estàncies per tal de determinar els lux necessaris i tot seguit els lúmens que seran els que determinaran el nombre de bombetes necessàries. Amb el coneixement d'aquest número i elegit el tipus de bombeta, es durà a terme el pertinent càlcul per saber la potència per a cadascun dels espais i també de les diferents zones de l'habitatge.

A continuació, s'adjunta un seguit de taules que defineixen els càlculs realitzats i les degudes conclusions per a cadascuna de les zones indicades amb anterioritat.

PLANTA BAIXA			
Activitat/Espai	Superfície (m <sup>2</sup> )	Lux (lm/m <sup>2</sup> )	lm
Passadís	8,76	54	473,04
Bany	3,02	54	163,08
Bany (tasques)	0,72	323	232,56
Cuina	9,39	108	1014,12
Cuina (tasques)	0,46	538	246,90
Menjador	28,09	54	1516,86
Menjador (lectura)	1,33	431	573,23

Taula A1. 5.- Determinació dels lumens necessaris per a la PB

Definits els càlculs dels lumens per cadascun dels espais/activitats es du a terme la suma del total de lumens mínims necessaris per la planta baixa:

<b>Total lumens</b>	4219,79 lm
---------------------	------------

Aquets es divideixen en dos subgrup:

<b>Total general</b>	3167,10 lm
----------------------	------------

<b>Total tasques</b>	1052,69 lm
----------------------	------------

Amb aquets dos subgrups s'aproxima el nombre de bombetes (*halògenes per l'estat inicial*) i la seva relativa potència elèctrica:

Lúmens (lm)	Lúmens bombeta (lm)	Nº bombetes	Potència bombeta (W)	Potència total (W)
3167,10	380	8	35	280
573,23	620	1	60	60
246,9	300	1	35	35
232,56	300	1	35	35

Taula A1. 6.- Càlcul d'il·luminació per la planta baixa del habitatge (EI)

Finalment la potència elèctrica per la il·luminació de la planta baixa queda definida per el següent resum de dades:

<b>Potència planta baixa</b>	410 W
------------------------------	-------

<b>Lúmens planta baixa</b>	4260 lm
----------------------------	---------

PLANTA PRIMERA			
Activitat/Espai	Superfície (m <sup>2</sup> )	Lux (lm/m <sup>2</sup> )	lm
Habitació 1	13,06	54	731,16
Habitació 2	12,05	54	650,70
Habitació 3	13,40	54	723,60
Habitació 1 (tauleta)	0,42	431	181,02
Habitació 2 (tauleta + escriptori)	2,02	431	870,62
Habitació 3 (tauleta + tauleta)	0,84	431	405,13
Bany	3,72	54	202,50
Bany (tasques)	0,72	323	232,56
Passadís	5,90	54	318,60

Taula A1. 7.- Determinació dels lúmens necessaris per a la PP

Definits els càlculs de lúmens per cadascun dels espais/activitats es du a terme la suma del total de lúmens mínims necessaris per la planta primera:

<b>Total lúmens</b>	4315,89 lm
---------------------	------------

Aquets es divideixen en dos subgrup:

<b>Total general</b>	2626,56 lm
----------------------	------------

<b>Total tasques</b>	1689,33 lm
----------------------	------------

Amb aquets dos subgrups s'aproxima el nombre de bombetes (*halògenes per l'estat inicial*) i la seva relativa potència elèctrica:

Lúmens (lm)	Lúmens bombeta (lm)	Nº bombetes	Potencia bombeta (W)	Potencia total (W)
2626,56	380	7	35	245
181,02	300	1	35	35
181,02	300	1	35	35
689,60	700	1	50	50
405,13	300	2	35	70
232,56	300	1	35	35

Taula A1. 8.- Càlcul d'il·luminació per la planta primera del habitatge (EI)

Finalment la potència elèctrica per la il·luminació de la planta primera queda definida pel següent resum de dades:

<b>Potencia planta primera</b>	470 W
--------------------------------	-------

<b>Lúmens planta primera</b>	4860 lm
------------------------------	---------

### A1.2.2. ESTAT MILLORA

Seguint la linealitat de l'apartat anterior (A1.2.1.) es realitzen els càlculs de la potència d'il·luminació que en aquest cas es durà a terme amb bombetes LED respecte a l'estat de millora de l'habitatge.

Per tal de realitzar els càlculs de potència per l'estat de millora, es tenen en compte part dels càlculs efectuats en l'estat inicial de l'habitatge, degut a que aquests són càlculs comuns per ambdós avaluacions. D'aquesta manera, respecte la planta baixa, es té en compte la graella (Taula A1.5.) en la que es defineixen els lúmens necessaris per a cadascun del espais. Aquesta deriva en el total de lúmens necessaris per aquesta planta, que resulta:

<b>Total lúmens</b>	4219,79 lm
---------------------	------------

Aquets es divideixen en dos subgrup:

<b>Total general</b>	3167,10 lm
----------------------	------------

<b>Total tasques</b>	1052,69 lm
----------------------	------------

Amb aquets dos subgrups s'aproxima el nombre de bombetes (**LED per l'estat de millora**) i la seva relativa potència elèctrica:

Lúmens (lm)	Lúmens bombeta (lm)	Nº bombetes	Potencia bombeta (W)	Potencia total (W)
3167,10	380	8	5	40
573,23	620	1	7	7
246,9	300	1	4	4
232,56	300	1	4	4

Taula A1. 9.- Càlcul d'il·luminació per la planta baixa del habitatge (EM)

Finalment la potència elèctrica per a la il·luminació de la planta baixa queda definida per el següent resum de dades:

<b>Potencia planta baixa</b>	55 W
------------------------------	------

<b>Lúmens planta baixa</b>	4260 lm
----------------------------	---------

Seguidament, es realitza la mateixa actuació respecte a la planta primera, tenint com a referència la graella (A1.7.) en la que es defineixen els lúmens per cada espai. Definits aquets valors per a cada espai/activitat es troba el total de lúmens necessaris per aquesta planta:

<b>Total lúmens</b>	4315,89 lm
---------------------	------------

Aquets es divideixen en dos subgrup:

<b>Total general</b>	2626,56 lm
----------------------	------------

<b>Total tasques</b>	1689,33 lm
----------------------	------------

Amb aquets dos subgrups s'aproxima el nombre de bombetes (**LED per l'estat de millora**) i la seva relativa potència elèctrica:

Lúmens (lm)	Lúmens bombeta (lm)	Nº bombetes	Potencia bombeta (W)	Potencia total (W)
2626,56	380	7	5	35
181,02	300	1	4	4
181,02	300	1	4	4
689,60	700	1	9	9
405,13	300	2	4	4
232,56	300	1	4	4

Taula A1. 10.- Càlcul d'il·luminació per la planta primera del habitatge [EM]

Finalment la potència elèctrica per la il·luminació de la planta primera queda definida per el següent resum de dades:

<b>Potencia planta primera</b>	<b>60 W</b>
--------------------------------	-------------

<b>Lúmens planta primera</b>	<b>4860 lm</b>
------------------------------	----------------

### A1.3. CARREGUES PER EQUIPAMENTS ELÈCTRICS

Les carregues per equipaments es determinen de forma aproximada amb valors de diferents elements elèctrics que poden compondre un habitatge. Es divideixen en dos grups, determinant així primer els de la planta baixa i tot seguits els de la planta primera.

PLANTA BAIXA	
Espai – Equipament	Potència [W]
Cuina – Frigorífic	300
Cuina – Microones	900
Cuina – Rentadora	1500
Cuina – Forn	1600
Cuina – Vitroceràmica	1200
Menjador – TV	300
Menjador – Aspirador	1600

Taula A1. 11.- Equipaments elèctrics per a PB

Potència total PB	7400 W
-------------------	--------

PLANTA BAIXA	
Espai – Equipament	Potència [W]
Habitació – Ordinador	220
Habitació – TV	300
WC – Assecador	100
General – Aspirador	1900

Taula A1. 12.- Equipaments elèctrics per a PP

Potència total PB	3420 W
-------------------	--------



## A2. DADES TANCAMENTS ESTAT INICIAL

### A2.1.- TANCAMENTS OPACS

S'adjunta el resum de les dades característiques de cadascun dels tancaments opacs per l'estat d'inici:

Nom	Tipus de construcció	U-Value amb convecció [W/m <sup>2</sup> ·K]	U-Value sense convecció [W/m <sup>2</sup> ·K]	Area [m <sup>2</sup> ]	Orientació
PB - F. EST	Paret	0,39	0,41	16,30	E
PB - F. NORD	Paret	0,39	0,41	24,31	N
PB - F. OEST	Paret	0,39	0,41	13,80	W
PB - F. SUD	Paret	0,39	0,41	19,99	S
PB - PAVIMENT	Paviment	0,25	0,26	72,10	
PB - SOSTRE	Sostre	1,88	2,94	72,10	
PP - F. EST	Paret	0,39	0,41	12,46	E
PP - F. NORD	Paret	0,39	0,41	27,90	N
PP - F. OEST	Paret	0,39	0,41	12,46	W
PP - F. SUD	Paret	0,39	0,41	28,14	S
PP - PAVIMENT	Paviment	2,51	4,85	72,10	
PP – TEULADA EST	Teulada	0,20	0,21	39,68	
PP – TEULADA OEST	Teulada	0,20	0,21	39,68	

Taula A2. 1.- Dades de la transmissió tèrmica en tancaments opacs de l'estat inicial

### A2.2.- TANCAMENTS TIPUS FINESTRA

S'adjunta el resum de les dades característiques de cadascun del tancaments tipus finestra per l'estat d'inici:

Nom	Tipus de construcció	U - Value zona vidriada [W/m <sup>2</sup> ·K]	Area [m <sup>2</sup> ]	Factor solar	Orientació
FE - PB - FIN. - G1	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	E
FN - PB - FIN. - G1	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	N
FN - PB - FIN. - P1	Vidre 4/6/4	3,14	0,24	0,81	N
FO - PB - FIN. - G1	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	W
FO - PP - FIN. - P1	Vidre 4/6/4	3,14	0,24	0,81	W
FE - PB - FIN. - PV	Vidre 4/6/4	3,14	3,36	0,81	S
FE - PB - FIN. - G1	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	S
FE - PB - FIN. - G2	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	S
FE - PB - FIN. - G2	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	N
FE - PB - FIN. - G3	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	N
FE - PB - FIN. - P2	Vidre 4/6/4	3,14	0,24	0,81	N
FE - PB - FIN. - G3	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	S
FE - PB - FIN. - G4	Vidre 4/6/4	3,14	1,20	0,81	S

Taula A2. 2.- Dades de la transmissió tèrmica i altres de les finestres en l'estat inicial

Per tal de visualitzar la transmissió tèrmica de tota la finestra s'ha d'introduir les propietats del marc que compona tot aquest sistema constructiu. Així doncs, es considera que en l'estat inicial aquest es de fusta, tenint una transmissió tèrmica amb un valor aproximat de **2,2 W/m<sup>2</sup>·K**.

Es considera que la fracció de marc es un **23%** del total de la finestra, deixant així la resta per la zona vidriada composta per els vidres i la cambra d'aire que conforma el **77%** restant d'aquesta construcció.

El càlcul a realitzar per tal de trobar el total de la finestra comptant zona vidriada mes el marc es:

$$U_{finestra} = F_M \cdot U_M \cdot F_v \cdot U_M$$

Que resulta una transmissió per a totes les finestres de:

<b>Transmissió tèrmica finestra</b>	1,22 W/m <sup>2</sup> ·K
-------------------------------------	--------------------------

### A3. DADES TANCAMENTS ESTAT DE MILLORA

#### A3.1.- TANCAMENTS OPACS

S'adjunta el resum de les dades característiques de cadascun dels tancaments opacs per l'estat de millora:

Nom	Tipus de construcció	U-Value amb convecció [W/m <sup>2</sup> ·K]	U-Value sense convecció [W/m <sup>2</sup> ·K]	Area [m <sup>2</sup> ]	Orientació
PB - F. EST	Paret	0,17	0,18	16,30	E
PB - F. NORD	Paret	0,17	0,18	24,31	N
PB - F. OEST	Paret	0,17	0,18	13,80	W
PB - F. SUD	Paret	0,17	0,18	19,99	S
PB - PAVIMENT	Paviment	0,25	0,26	72,10	
PB - SOSTRE	Sostre	1,88	2,94	72,10	
PP - F. EST	Paret	0,17	0,18	12,46	E
PP - F. NORD	Paret	0,17	0,18	27,90	N
PP - F. OEST	Paret	0,17	0,18	12,46	W
PP - F. SUD	Paret	0,17	0,18	28,14	S
PP - PAVIMENT	Paviment	2,51	4,85	72,10	
PP – TEULADA EST	Teulada	0,20	0,21	39,68	
PP – TEULADA OEST	Teulada	0,20	0,21	39,68	

Taula A3. 1.- Dades de la transmissió tèrmica en tancaments opacs de l'estat de millora

### A3.2.- TANCAMENTS TIPUS FINESTRA

S'adjunta el resum de les dades característiques de cadascun del tancaments tipus finestra per l'estat de millora:

Nom	Tipus de construcció	U - Value zona vidriada [W/m²·K]	Area [m²]	Factor solar	Orientació
FE - PB - FIN. - G1	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	E
FN - PB - FIN. - G1	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	N
FN - PB - FIN. - P1	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	0,24	0,74	N
FO - PB - FIN. - G1	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	W
FO - PP - FIN. - P1	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	0,24	0,74	W
FE - PB - FIN. - PV	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	3,36	0,74	S
FE - PB - FIN. - G1	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	S
FE - PB - FIN. - G2	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	S
FE - PB - FIN. - G2	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	N
FE - PB - FIN. - G3	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	N
FE - PB - FIN. - P2	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	0,24	0,74	N
FE - PB - FIN. - G3	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	S
FE - PB - FIN. - G4	F. VIDRE 4/16/4/16/4	1,59	1,20	0,74	S

Taula A3. 2.- Dades de la transmissió tèrmica i altres de les finestres en l'estat de millora

Per tal de visualitzar la transmissió tèrmica de tota la finestra s'ha d'introduir les propietats del marc que compona tot aquest sistema constructiu. Així doncs, es considera que en l'estat de millora aquest es de PVC amb 3 cambres d'aire, tenint una transmissió tèrmica amb un valor aproximat de **1,59 W/m²·K**.

Es considera que la fracció de marc es un **23%** del total de la finestra, deixant així la resta per la zona vidriada composta per els vidres i la cambra d'aire que conforma el **77%** restant d'aquesta construcció.

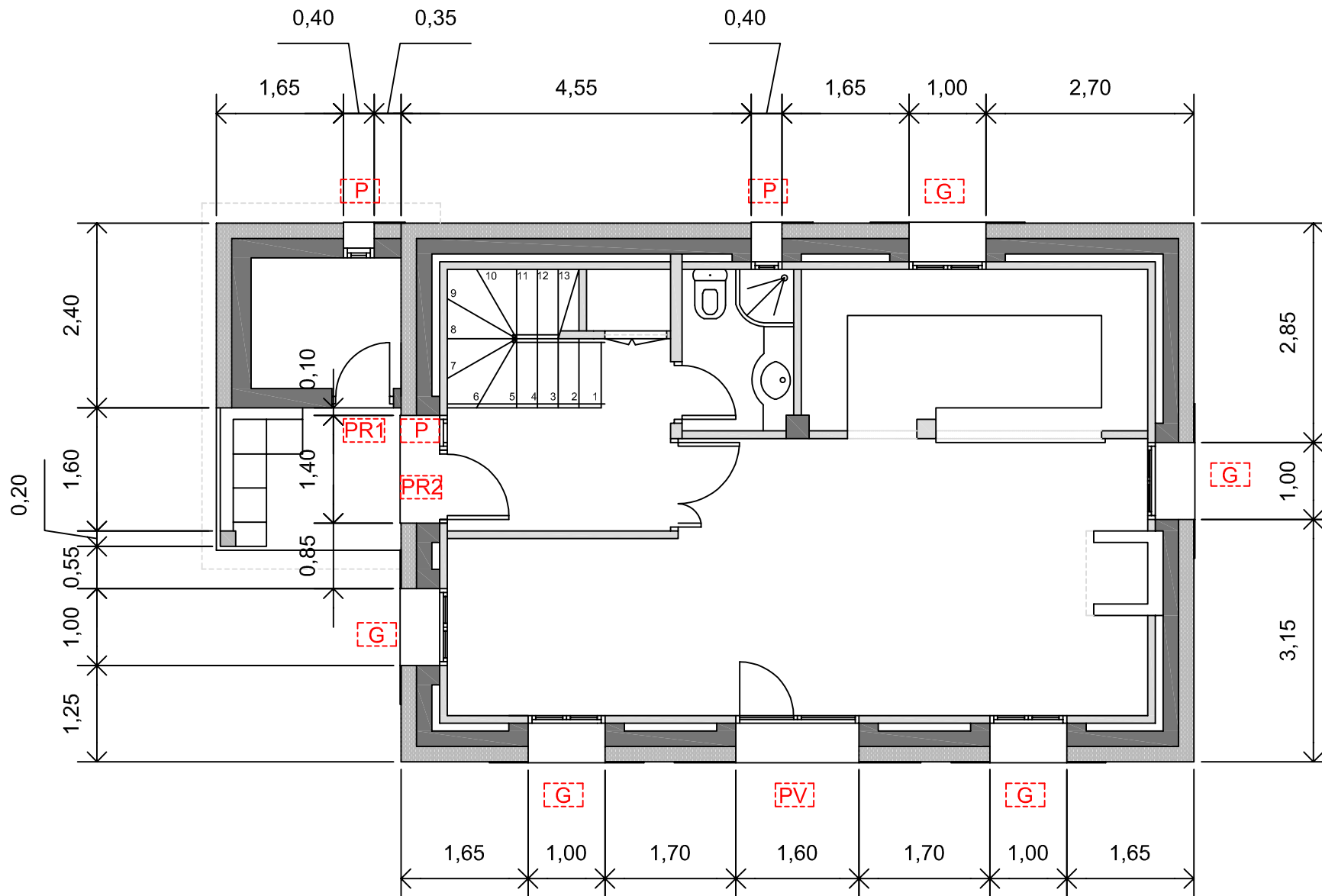
El càlcul a realitzar per tal de trobar el total de la finestra comptant zona vidriada mes el marc es:

$$U_{finestra} = F_M \cdot U_M \cdot F_v \cdot U_M$$

Que resulta una transmissió per a totes les finestres de:

Transmissió tèrmica finestra	0,50 W/m²·K
------------------------------	-------------

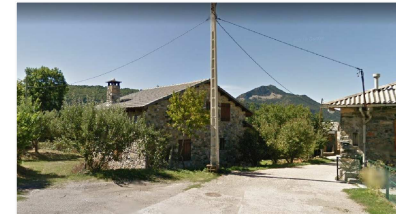
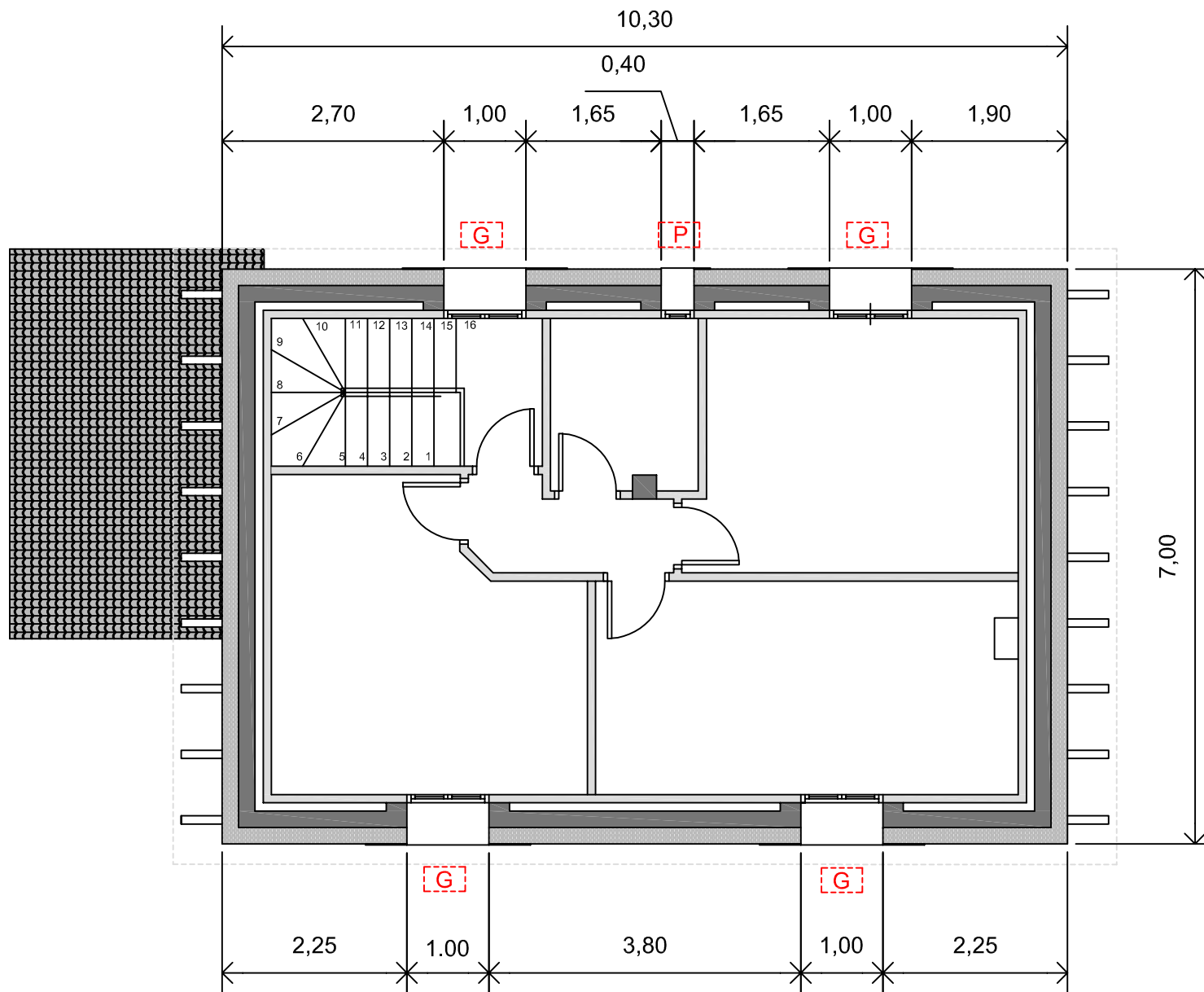
### **III.PLANOLS**



ESTAT INICIAL					
ID Fusteria	Alçada	Amplada	Material	Vidre	Tipus
Tipus G	1200 mm	1000 mm	Marc i porticó fusta	4/6/4	Batent
Tipus P	1200 mm	400 mm	Marc i porticó fusta	4/6/4	Batent
Tipus PR1	2100 mm	750 mm	Marc i fulla fusta	-	Batent
Tipus PR2	2100 mm	850 mm	Marc i porticó fusta	-	Batent
Tipus PV	2100 mm	1400 mm	Marc i porticó fusta	4/6/4	Batent

ESTAT DE MILLORA					
ID Fusteria	Alçada	Amplada	Material	Vidre	Tipus
Tipus G	1200 mm	1000 mm	PVC amb 3 cambres d'aire	4/16/4/16/4	Batent
Tipus P	1200 mm	400 mm	PVC amb 3 cambres d'aire	4/16/4/16/4	Batent
Tipus PR1	2100 mm	750 mm	Marc i fulla fusta	-	Batent
Tipus PR2	2100 mm	850 mm	Marc i porticó fusta	-	Batent
Tipus PV	2100 mm	1400 mm	PVC amb 3 cambres d'aire	4/16/4/16/4	Batent

TREBALL FINAL GRAU: AUDITORIA ENERGÈTICA D'UNA CASA RURAL A LA MONTANYA					
ALUMNE:		ALEJANDRO MESA RICART			
TUTOR:		TITULACIÓ:			
JERÔME BARRAU		ENG. MECÀNICA			Universitat de Lleida
NOM PLÀNOL:		NÚM.:		ESCALA:	DATA:
PLANTA BAIXA		P1/P4			
				1/75	JULIOL 2020



ESTAT INICIAL					
ID Fusteria	Alçada	Amplada	Material	Vidre	Tipus
Tipus G	1200 mm	1000 mm	Marc i porticó fusta	Simple 4mm	Batent
Tipus P	1200 mm	400 mm	Marc i porticó fusta	Simple 4mm	Batent

ESTAT DE MILLORA					
ID Fusteria	Alçada	Amplada	Material	Vidre	Tipus
Tipus G	1200 mm	1000 mm	Marc i porticó fusta	Simple 4mm	Batent
Tipus P	1200 mm	400 mm	Marc i porticó fusta	Simple 4mm	Batent

TREBALL FINAL GRAU: AUDITORIA ENERGÈTICA D'UNA CASA RURAL A LA MONTANYA

ALUMNE:  
ALEJANDRO MESA RICART

TUTOR:  
JERÔME BARRAU

TITULACIÓ:  
ENG. MECÀNICA

NOM PLÀNOL:  
PLANTA PRIMERA

NÚM.:  
P2 / P4



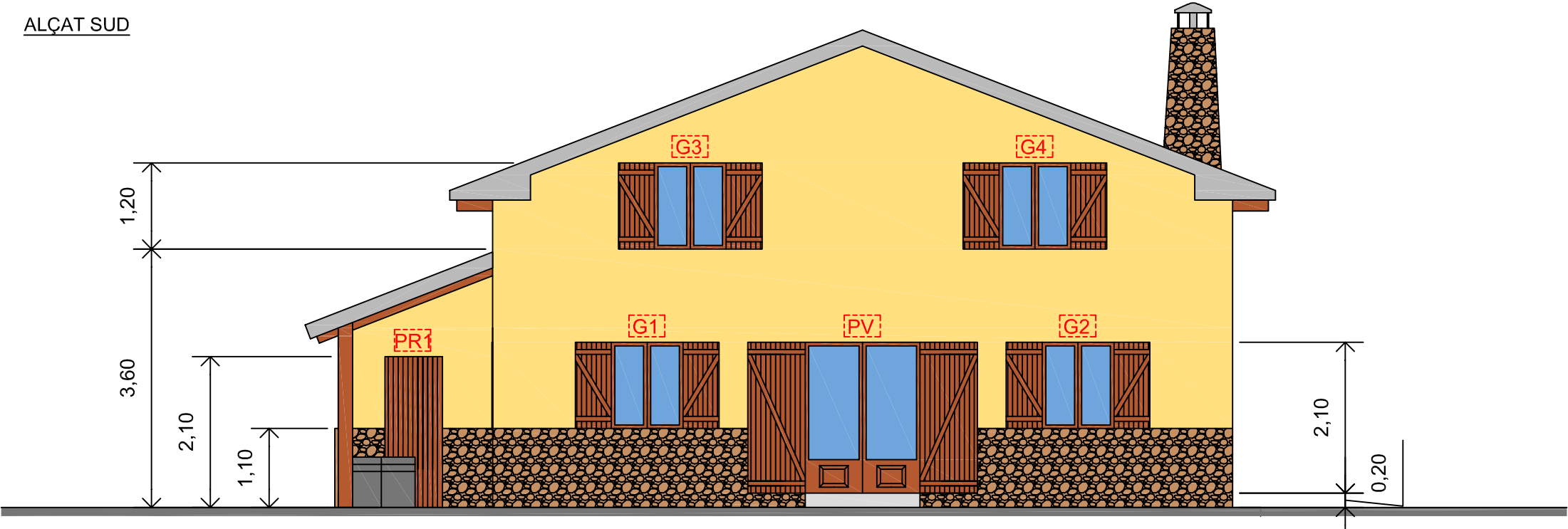
ESCALA:  
1/75

DATA:  
JULIOL 2020

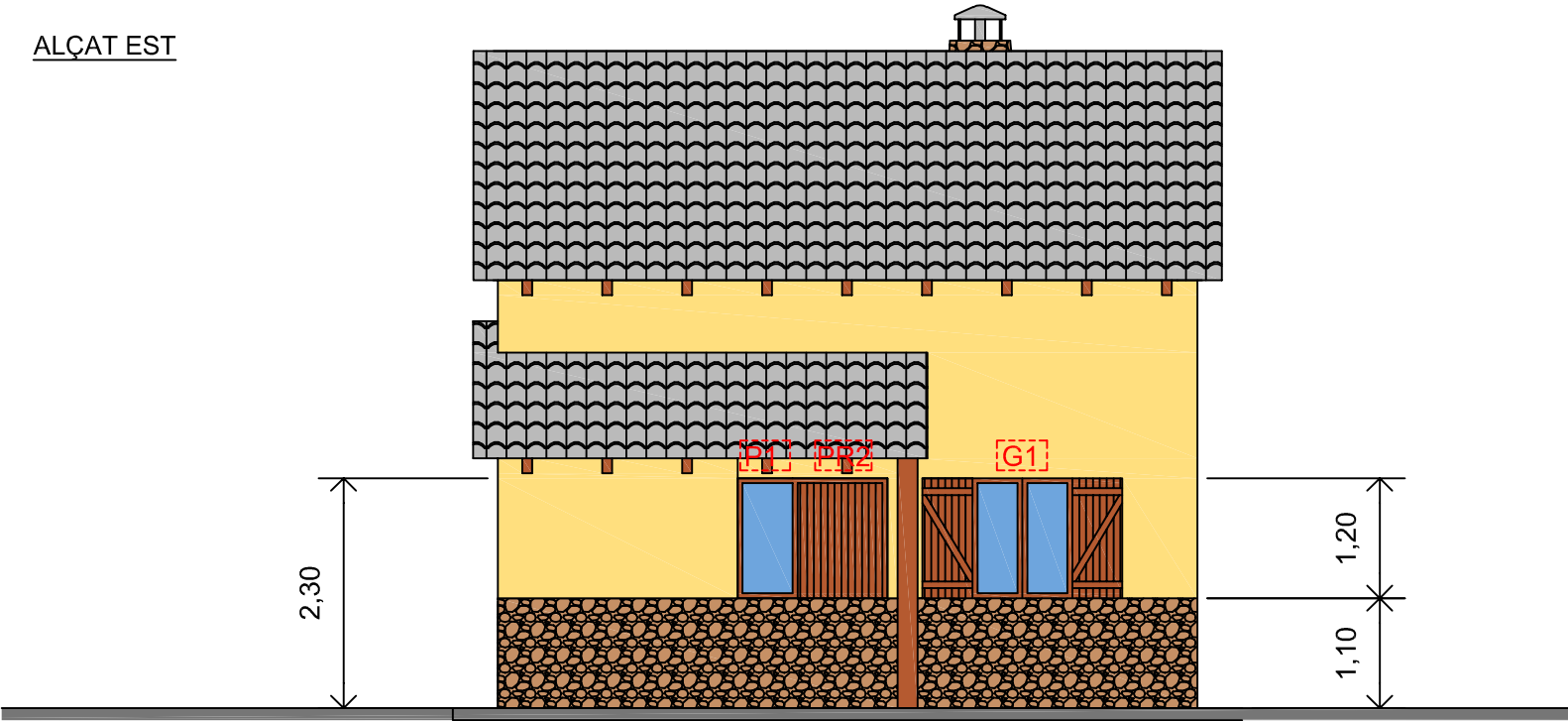




ALÇAT SUD

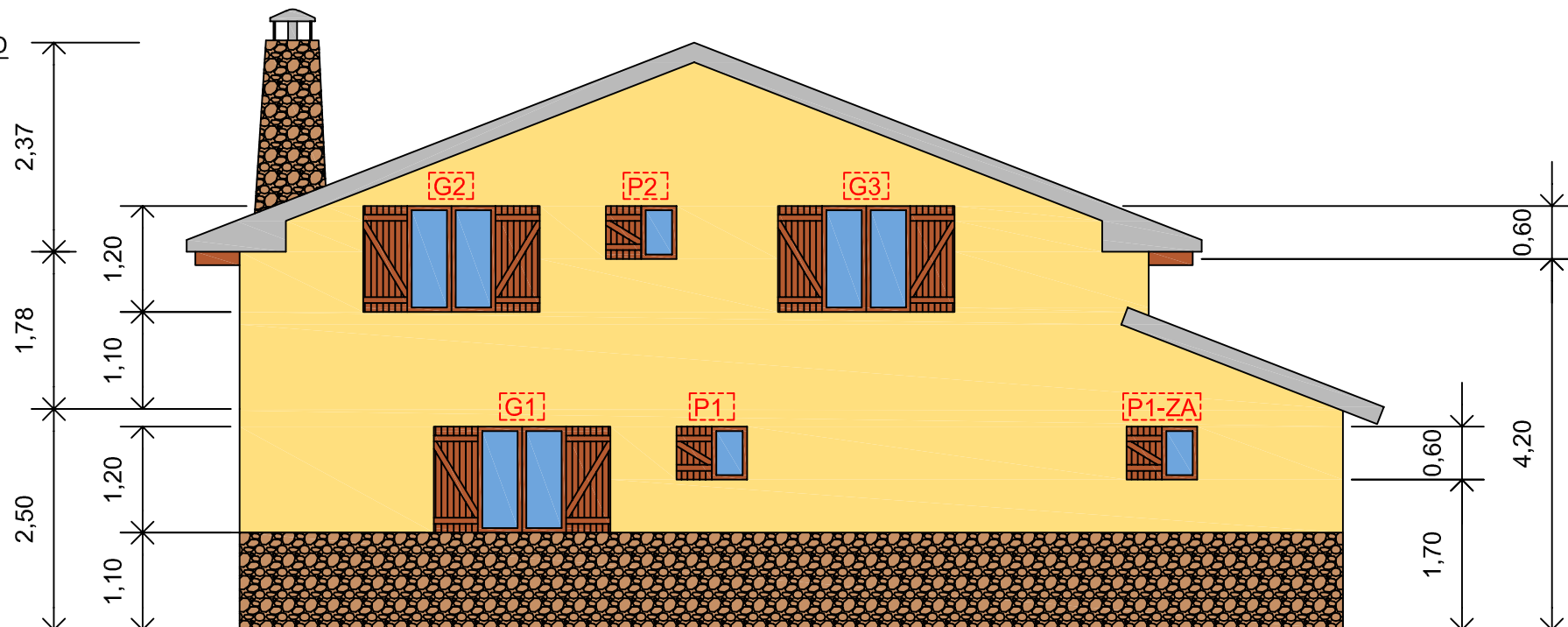


ALÇAT EST

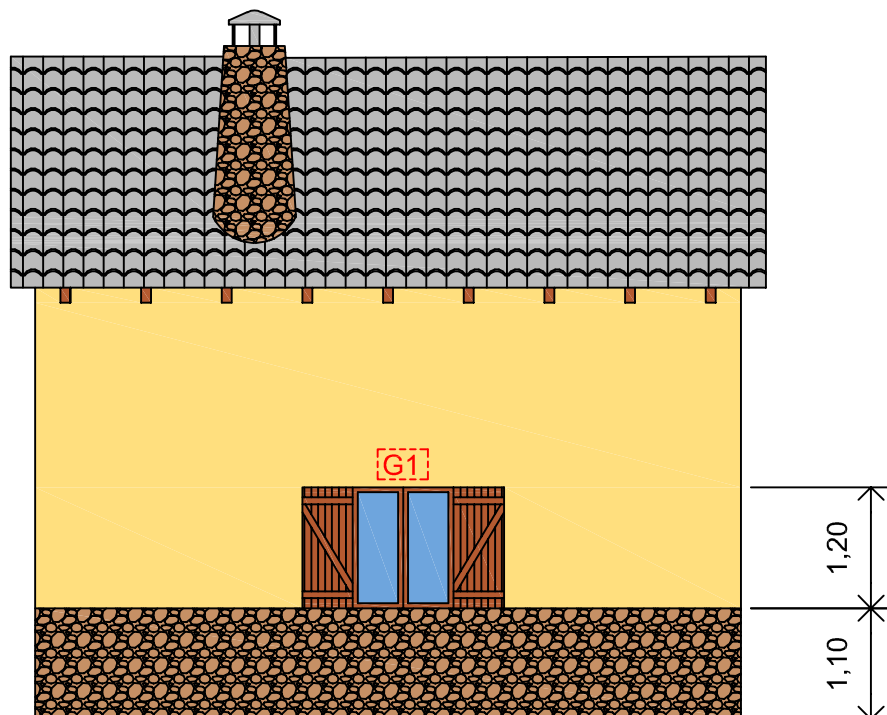


TREBALL FINAL GRAU: AUDITORIA ENERGÈTICA D'UNA CASA RURAL A LA MONTANYA					
ALUMNE: ALEJANDRO MESA RICART		 ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR UNIVERSITAT DE LEIDA		 Universitat de Lleida	
TUTOR: JERÔME BARRAU	TITULACIÓ: ENG. MECÀNICA				
NOM PLÀNOL: ALÇATS SUD I EST	NÚM.: P3 / P4		ESCALA: 1/75	DATA: JULIOL 2020	

ALÇAT NORD



ALÇAT OEST



TREBALL FINAL GRAU: AUDITORIA ENERGÈTICA D'UNA CASA RURAL A LA MONTANYA				
ALUMNE: ALEJANDRO MESA RICART		 ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR UNIVERSITAT DE LEIDA		 Universitat de Lleida
TUTOR: JERÔME BARRAU	TITULACIÓ: ENG. MECÀNICA			
NOM PLÀNOL: ALÇATS NORD I OEST	NÚM.: P4/P4		ESCALA: 1/75	DATA: JULIOL 2020



## IV.BIBLIOGRAFIA

- [1] Wikipedia | Bissaürri | Consultat en <https://es.wikipedia.org/wiki/Bisaurri>
  
- [2] Wikipedia | Sant Feliu de Verí | Consultat en [https://es.wikipedia.org/wiki/San\\_Feliu\\_de\\_Veri](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Feliu_de_Veri)
  
- [3] Wikipedia | Verí | Consultat en <https://es.wikipedia.org/wiki/Veri>
  
- [4] Associació de Sant Feliu de Verí i les seves viles | <http://sanfeliudeveri.org>
  
- [5] Climatologia Bissaürri | <https://es.weatherspark.com>
  
- [6] Aurea consulting | Fitxers Climàtics | <https://ecoficiente.es/climas-he2013-en-epw>
  
- [7] Neopor | Materials aïllament | <https://neopor.de>
  
- [8] Ecoaislamientos | Aïllament insuflats | <http://www.ecoaislamientos.es/aislamientos-insuflados/bolitas-eps>
  
- [9] Certific | Càlcul finestres | <https://certific.es/como-calculatransmitancia-termica-ventana.html>
  
- [10] Generador de preçios | <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>
  
- [11] Rockwool | Aïllament | <https://www.rockwool.es/>
  
- [12] Saint Gobain | Finestres | <https://es.saint-gobain-building-glass.com/es>
  
- [13] Sun Earth Tools | [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es#top](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es#top)

## V. AGRAIMENTS

En aquest apartat vull donar les gràcies a la família i amics que m'han ajudat i donat suport al llarg de tota la carrera. Agrair-li especialment al meu germà que ha estat en tots els moments en que necessitava una espenta de la mateixa manera que també li agraeixo a la meua parella el seu suport incondicional, els ànims i les espentes en el petits moments de crisis per poder seguir endavant.

També agrair a les meves mascotes (Thrall i Leia) totes aquelles estones de feina que incondicionalment han estat fent-me companyia.